



**TUGAS AKHIR - MS 141501**

**MODEL PENURUNAN BIAYA *DEMURRAGE* PADA  
PELABUHAN: STUDI KASUS PELABUHAN KHUSUS  
CURAH KERING**

**NADHIRA ZAHRANI WIDIAFINA**  
N.R.P. 0441144 0000 029

Dosen Pembimbing  
Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.  
Irwan Tri Yuniarto, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018



---

**TUGAS AKHIR - MS 141501**

**MODEL PENURUNAN BIAYA DEMURRAGE PADA  
PELABUHAN: STUDI KASUS PELABUHAN KHUSUS  
CURAH KERING**

**NADHIRA ZAHRANI WIDIAFINA**  
**N.R.P. 0441144 0000 029**

**Dosen Pembimbing**  
**Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.**  
**Irwan Tri Yuniarto, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**  
**2018**



---

**FINAL PROJECT - MS 141501**

**DEMURRAGE COST DECREASING MODEL IN PORT:  
A CASE STUDY IN SPECIAL PORT OF DRY BULK**

NADHIRA ZAHRANI WIDIAFINA  
N.R.P. 0441144 0000 029

SUPERVISOR  
Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.  
Irwan Tri Yuniarto, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018



## LEMBAR PENGESAHAN

### MODEL PENURUNAN BIAYA *DEMURRAGE* PADA PELABUHAN : STUDI KASUS PELABUHAN KHUSUS CURAH KERING

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
S1 Departemen Teknik Transportasi Laut  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

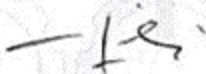
Oleh:

**NADHIRA ZAHRANI WIDIAFINA**

N.R.P. 0441144 0000 029

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:


Dosen Pembimbing 1



Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.  
NIP. 19690610 199512 1 001



Dosen Pembimbing 2



Irwan Tri Yunianto, S.T., M.T.  
NIP. 19870605 201504 1 002

SURABAYA, JULI 2018

## LEMBAR REVISI

### MODEL PENURUNAN BIAYA *DEMURRAGE* PADA PELABUHAN : STUDI KASUS PELABUHAN KHUSUS CURAH KERING

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 18 Juli 2018

Departemen Teknik Transportasi Laut  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**NADHIRA ZAHRANI WIDIAFINA**

N.R.P. 0441144 0000 029

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. I G. N. Sumanta Buana, S.T., M.Eng.
2. Christino Boyke S.P., S.T., M.T.
3. Eka Wahyu Ardhi, S.T., M.T.
4. Pratiwi Wuryaningrum, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
2. Irwan Tri Yunianto, S.T., M.T.



SURABAYA, JULI 2018



## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala karunia yang diberikan Tugas Akhir penulis yang berjudul **“Model Penurunan Biaya *Demurrage* pada Pelabuhan Studi Kasus: Pelabuhan Khusus Curah Kering”** ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Firmanto Hadi S.T, M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama dan Bapak Irwan Tri Yunianto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua serta dosen wali penulis, yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, motivasi, ilmu, dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terimah kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta (Mama dan Papa) Eyang, serta kedua adik – adik tersayang (Defa dan Dela), terimakasih atas dukungan dan do’a yang selalu mengalir tiada henti.
2. Bapak Ir. Tri Achmadi, Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Transportasi Laut yang dengan sabar telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan selama masa perkuliahan.
3. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Transportasi Laut yang telah memberikan ilmu bagi penulis selama masa perkuliahan.
4. Ibu Nurul, Bapak Gunawan dan Mas Dwi yang telah memberikan banyak informasi tentang dunia pelabuhan serta banyak membantu akomodasi selama survey kepada penulis.
5. Teman – teman “DANFORTH T-12” yang telah menjadi sumber inspirasi, memberikan semangat dan doa bagi penulis selama masa perkuliahan. (*Special thank to*: Rana, Afi, Iin, Margie, Nabila, Sakinah, Lulu, Ana, Fandy, Fendy, Iqbal, Syaughy, Fajar, dan Nusa).
6. Tim Pemandu Bumi yang tiada henti selalu menginspirasi penulis serta menjadi keluarga kedua penulis selama masa perkuliahan ini. (*Special thank to*: Anang, Arief, Elisya, Indi, Khai, Jijah, Haidar, Widi, Vida, Jujui, Isom, Ghofur, Utami, Fudu, dan Michael).

7. Mas dan Mbak angkatan 2013, 2012, 2011, dan 2010++ Seatrans yang telah banyak membantu masa adaptasi serta proses pengerjaan Tugas Akhir penulis selama masa perkuliahan ini. (*Special thank to*: Mbak Ida, Mas Raka, Mbak Amal, Mbak Elsa, Mbak Saur, Mas Aswin, Mas Bima, Mbak Vivi, dan Mas Yafe).
8. Adik – adik 2015, 2016, dan 2017 Seatrans yang turut menginspirasi penulis selama masa perkuliahan ini (*Special thank to*: Paney, Nesia, Mercy, Oya, dan Bowo).
9. Teman – teman SMA penulis: Pinkers, Cipirnomonelly, Explosion yang selalu ada dan memotivasi penulis selama masa perkuliahan ini. (*Special thank to*: Agum, Ulak, Ifa, dan Evan).
10. Teman-teman dari jurusan lain: Mas Argoemerta, Mas Alief B W, Mas Irwansyah M, Zaki, Raecky, Nabila, Atika, dan Nabila Navitasari, yang turut membantu dan memotivasi penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca pada umumnya dan bagi penulis pada khususnya. Serta tidak lupa penulis memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam laporan ini.

Surabaya, Juli 2018

Penulis



## **Model Penurunan Biaya *Demurrage* Pada Pelabuhan Studi Kasus: Pelabuhan Khusus Curah Kering**

Nama Mahasiswa : Nadhira Zahrani Widiyafina  
NRP : 041144 0000 029  
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.  
2. Irwan Tri Yunianto, S.T., M.T.

### **ABSTRAK**

Kinerja pelabuhan yang efektif diperlukan untuk kelancaran *supply* produk dari suatu industri. Ketidakefektifan suatu layanan pada pelabuhan akan menyebabkan *demurrage* yang dapat merugikan perusahaan. Pada pelabuhan khusus milik salah satu perusahaan pupuk nusantara, kinerja proses pemuatan dievaluasi dari waktu pemuatan kapal, serta besaran nilai *demurrage*. Pada tahun 2017 terdapat 118 kejadian kapal mengalami *demurrage* dengan total biaya yang dibayarkan adalah US \$ 965.803 /tahun . Hal tersebut terjadi karena tingginya waktu *idle* serta sedikitnya waktu efektif. Tujuan penelitian ini adalah menentukan alternatif terbaik sebagai upaya penurunan biaya *demurrage* dengan metode simulasi diskrit. Skenario perbaikan yang diusulkan adalah menghapuskan waktu *trimming*, menambahkan jangkauan loader, membuat pola *maintenance* alat, serta menambah produktivitas alat muat masing – masing menjadi 2.000 ton/jam. Hasil penelitian dengan penambahan produktivitas menjadi 2000 ton/jam merupakan alternatif terbaik. Alternatif dengan nilai investasi sebesar US \$ 1.725.000 atau setara dengan 25.090 Jt-Rp ini mampu menurunkan biaya *demurrage* sebesar 85,1% dari kondisi saat ini. Sehingga didapatkan penghematan biaya sebesar US \$ 1.104.877/tahun atau setara dengan 14.363 Jt-Rp/tahun.

Kata kunci: *Demurrage Cost*, Pelabuhan, Simulasi Diskrit.

## **Demurrage Cost Decreasing Model In Port : Case Study Special Port Of Dry Bulk**

Author : Nadhira Zahrani Widiafina  
ID-Number : 041144 0000 029  
Dept / Faculty : Marine Transportation Engineering / Marine Technology  
Supervisors : 1. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.  
2. Irwan Tri Yuniarto, S.T., M.T.

### **ABSTRACT**

Effective port performance is required for the effectiveness of supply products from an industry. The ineffectiveness of the service will result in a demurrage that can be detrimental to the company. At a special stage of one of the big fertilizer companies in Indonesia, the performance of the process is evaluated from the loading time of the vessel, as well as the large number of demurrage. In 2017 there are 118 demurrage ship incidents with total cost incurred is US \$ 965.803 / year. This happens because the high value of idle time and the effective time is low. The purpose of this study is to determine demurrage, by shortening the time and increasing the effective time. Alternative determination is done by discrete simulation method. The proposed improvement scenarios are to eliminate *trimming* time cuts, add multiple reach of loaders, create tool maintenance patterns, and also add each productivity of tools into 2.000 ton/ hour. The results of the study with the addition of productivity to 2000 ton/ hour is the best alternative. Alternative with investment value of US \$ 1.725.000 or equivalent to 25.090 Million-Rp is able to decrease demurrage cost of 85.1% from the current condition. So we get cost savings of US \$ 1.104.877/ year or equivalent to 14.363 Million-Rp/ year.

Keyword: *Demurrage Cost, Discrete Simulation, Port*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
Bab 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan .....	4
1.4. Manfaat .....	5
1.5. Batasan Masalah .....	5
1.6. Hipotesis Awal .....	5
1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir .....	5
Bab 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Moda Transportasi Laut .....	7
2.2. Pelabuhan .....	10
2.3. Operasional Pelabuhan .....	11
2.4. Terminologi <i>Laytime</i> , <i>Demurrage</i> , dan <i>Despatch</i> .....	21
2.5. Sistem .....	22
2.6. Model Simulasi .....	24
2.7. Antrian .....	31
2.8. Pola Distribusi Data .....	32
2.9. Piranti Lunak ( <i>Software</i> ) Arena .....	35
2.10. Penelitian Sejenis .....	38
Bab 3. METODOLOGI PENELITIAN .....	41
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	41
3.2. Tahapan Penelitian .....	42

Bab 4.	GAMBARAN UMUM PENELITIAN .....	45
4.1.	Gambaran Umum Objek Penelitian .....	45
4.2.	Fasilitas Pelabuhan PT Petrokimia Gresik .....	46
4.3.	Jumlah Kunjungan Kapal .....	50
4.4.	Kegiatan Bongkar Muat .....	51
Bab 5.	ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	55
5.1.	Model Konseptual Operasional Pelabuhan .....	55
5.2.	Inputan Model Simulasi .....	56
5.3.	Pembuatan Model Simulasi .....	63
5.4.	Hasil Simulasi .....	67
5.5.	Verifikasi dan Validasi .....	68
5.6.	Kondisi Biaya <i>Demurrage</i> Hasil Model Eksisting .....	70
5.7.	Skenario Perbaikan .....	71
5.8.	Analisis Perbandingan Antar Skenario .....	76
5.9.	Analisis Biaya Investasi Masing – Masing Skenario .....	77
5.10.	Analisis Sensitivitas Skenario Terpilih .....	78
Bab 6.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	81
6.1.	Kesimpulan .....	81
6.2.	Saran .....	81
	DAFTAR PUSTAKA .....	83
	BIODATA PENULIS .....	85
	LAMPIRAN .....	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Produk Domestik Bruto Menurut Lapangan Usaha Tahun 2013 – 2016 .....	1
Gambar 1.2 Kejadian <i>Demurrage</i> serta Waktu <i>Demurrage</i> Perusahaan Tahun 2017 .....	3
Gambar 2.1 Kapal <i>General Cargo</i> .....	7
Gambar 2.2 Kapal Petikemas ( <i>Container vessel</i> ) .....	8
Gambar 2.3 Kapal <i>Roll on – Roll off</i> .....	9
Gambar 2.4 Kapal Curah Cair ( <i>Tanker</i> ) .....	9
Gambar 2.5 Kapal Curah Kering ( <i>Bulk Carrier</i> ) .....	10
Gambar 2.6 <i>Ilustrasi Grab Ship Unloader beserta Hopper</i> .....	14
Gambar 2.7 <i>Portable Pneumatic Handling Equipment</i> .....	15
Gambar 2.8 <i>Pneumatic Suction Conveying System for Ship Unloader</i> .....	15
Gambar 2.9 <i>Vertical screw conveyor</i> .....	16
Gambar 2.10 <i>Spiral Conveyor</i> .....	16
Gambar 2.11 <i>Continuous Unloader</i> dengan 762 mm <i>Buckets</i> dengan <i>Revolving Crane</i> .....	17
Gambar 2.12 <i>Slurry Pump</i> atau Pompa Bubur .....	18
Gambar 2.13 <i>Self-Unloaders</i> pada Kapal Curah Kering .....	19
Gambar 2.14 Terminal Muat untuk Muatan Curah Kering .....	20
Gambar 2.15 Linear dan Radial <i>Ship Loader</i> .....	21
Gambar 2.16 Eksperimen Sistem .....	24
Gambar 2.17 Relasi Verifikasi, Validasi dan Pembentukan Model .....	29
Gambar 2.18 Tampilan awal <i>software</i> Arena .....	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	42
Gambar 4.1 Grafik Total Produksi Urea PT. X Tahun 2013 - 2017 .....	45
Gambar 4.2 Pelabuhan Khusus Curah Kering Milik PT. X .....	46
Gambar 4.3 Layout Terminal Khusus Curah Kering Milik PT.X .....	47
Gambar 4.4 Kondisi dermaga 2 ( <i>Bulk Ship Loader</i> ) PT. X .....	48
Gambar 4.5 Kondisi Dermaga 3 ( <i>Quadrant Arm Loader</i> ), PT. X .....	48
Gambar 4.6 Peralatan Bongkar Muat Pelabuhan PT. X .....	49
Gambar 4.7 Jumlah Kunjungan Kapal Pelabuhan PT. X Tahun 2015 - 2017 .....	50

Gambar 4.8 Total Bongkar Muat Pengapalan PT. X 2015 - 2017 .....	51
Gambar 4.9 Pengapalan Urea Curah di Dermaga QAL dan BSL Tahun 2015 – 2017 ..	52
Gambar 4.10 Presentase IT Non Cuaca .....	54
Gambar 5.1 Tahapan Proses Bisnis Pada Pelabuhan PT. X .....	55
Gambar 5.2 Diagram pengembangan model simulasi .....	63
Gambar 5.3 <i>Flowchart</i> Kedatangan Kapal dan Pemilihan Dermaga .....	64
Gambar 5.4 Ilustrasi Model Kedatangan Kapal dan Pemilihan Dermaga pada <i>Software Arena</i> .....	65
Gambar 5.5 <i>Flowchart</i> Aktivitas Pemuatan dan Kapal Meninggakan Dermaga .....	66
Gambar 5.6 Ilustrasi Model Aktivitas Pemuatan dan Kepergian Kapal dari Dermaga ..	66
Gambar 5.7 Model Simulasi Kondisi Eksisting Pelabuhan PT. X .....	67
Gambar 5.8 Verifikasi Model Simulasi Pelabuhan Khusus Curah Kering PT. X .....	68
Gambar 5.9 Sensitivitas Produktivitas Terhadap Biaya <i>Demurrage</i> per Tahun .....	79
Gambar 5.10 Sensitivitas Produktivitas dengan <i>Demurrage Time</i> dan <i>Waiting Time</i> ...	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Muatan, Kemasan, Serta Alat Bongkat Muat Kapal <i>General Cargo</i> .....	8
Tabel 2.2 Modul <i>Basic Process</i> .....	37
Tabel 2.3 Penelitian Terkait Model Penurunan Biaya <i>Demurrage</i> pada Pelabuhan .....	38
Tabel 4.1 Spesifikasi Dermaga Pelabuhan PT. X .....	47
Tabel 4.2 Jenis dan Spesifikasi Peralatan Bongkar Muat .....	49
Tabel 4.3 Kapasitas Gudang ( <i>Urea Bulk Storage</i> ) di PT. X.....	50
Tabel 4.4 Waktu bongkar muat tiap dermaga (jam) .....	52
Tabel 4.5 Contoh Data NOT Kapal PT. X Tahun 2017 .....	53
Tabel 4.6 Waktu <i>Idle Time</i> Kapal.....	53
Tabel 5.1 Loading Rate Berdasarkan Jenis Pelayaran .....	56
Tabel 5.2 Klasifikasi Ukuran Entitas dan Distribusi Panjang Kapal .....	57
Tabel 5.3 Distribusi Interval Kedatangan Kapal .....	57
Tabel 5.4 Distribusi Jumlah Muatan.....	58
Tabel 5.5 Kecepatan Alat Bongkar Muat Nyata.....	59
Tabel 5.6 Distribusi Deviasi ET pada Dermaga QAL dan BSL .....	59
Tabel 5.7 Dsitribusi NOT Akhir pada Dermaga QAL dan BSL .....	61
Tabel 5.8 Distribusi IT di Dermaga QAL dan BSL.....	62
Tabel 5.9 Distribusi AT pada Dermaga QAL dan BSL.....	62
Tabel 5.10 Hasil <i>Running</i> Simulasi Model Eksisting .....	67
Tabel 5.11 Perbandingan <i>trooughput</i> model simulasi dengan kondisi eksisting.....	69
Tabel 5.12 Hasil Uji <i>t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances</i> .....	69
Tabel 5.13 <i>Demurrage Cost</i> Hasil Simulasi dan Eksisting selama 1 Tahun .....	70
Tabel 5.14 Hasil Simulasi Model Skenario 1 .....	72
Tabel 5.15 Penurunan Biaya <i>Demurrage</i> Skenario 1 .....	72
Tabel 5.16 Hasil Simulasi Model Skenario 2 .....	73
Tabel 5.17 Penurunan Biaya <i>Demurrage</i> Skenario 2 .....	73
Tabel 5.18 Hasil Simulasi Model Skenario 3 .....	74
Tabel 5.19 Penurunan Biaya <i>Demurrage</i> Skenario 3 .....	75

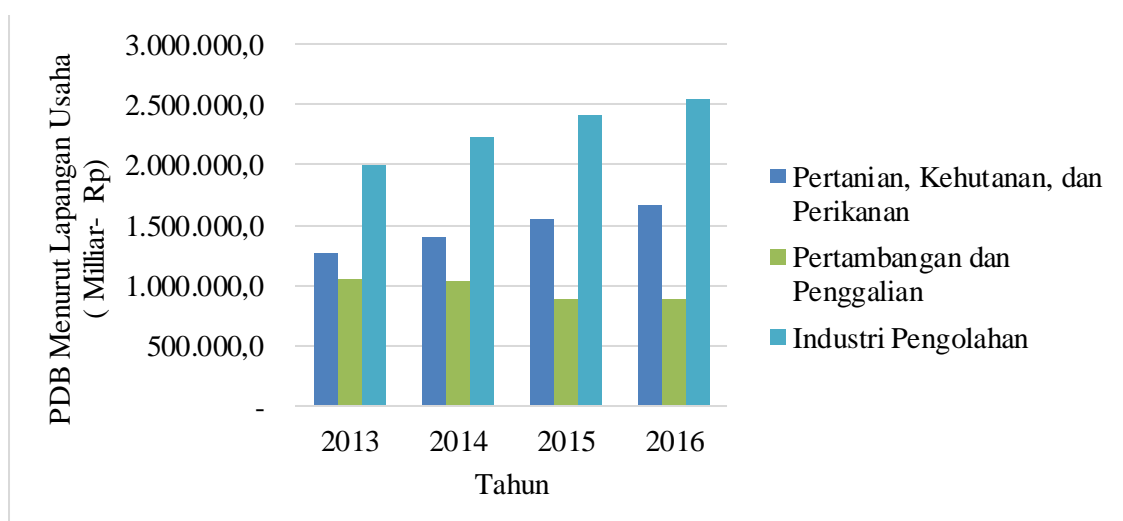


Tabel 5.20 Hasil Simulasi Model Skenario 4 .....	75
Tabel 5.21 Penurunan Biaya <i>Demurrage</i> Skenario 4 .....	76
Tabel 5.22 Hasil Perbandingan Antar Skenario .....	76
Tabel 5.23 Perbandingan Biaya <i>Demurrage</i> pada Masing – Masing Skenario.....	77
Tabel 5.24 Analisis Investasi Masing - Masing Skenario .....	78

# Bab 1. PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan sumber daya alam dengan segala flora, fauna dan potensi hidrografis yang melimpah. Sumber daya alam Indonesia berasal dari pertanian, kehutanan, kelautan dan perikanan, peternakan, perkebunan serta pertambangan dan energi. Salah satu sektor sumber daya alam Indonesia yang melimpah adalah sektor pertanian. Sektor pertanian merupakan sektor yang memiliki peranan penting dalam pembangunan perekonomian di Indonesia. Seperti diketahui, pemerintah telah mencanangkan visi Indonesia sebagai Lumbung Pangan Dunia pada 2045. Berdasarkan peta jalan lumbung pangan dunia, pada tahun 2018 Kementerian Pertanian menargetkan swasembada jagung, dilanjutkan tahun 2019 swasembada bawang putih dan gula konsumsi. Tak berhenti di sana, pemerintah Indonesia juga terus berupaya mencapai swasembada untuk komoditas lainnya. Pada 2020, komoditas yang ditargetkan mencapai swasembada adalah kedelai, tahun 2024 gula industri, tahun 2026 daging sapi, dan pada 2045 diharapkan Indonesia sudah menjadi lumbung pangan dunia. Berdasarkan data yang dirilis Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2016, bila dilihat dari sisi produksi, sektor pertanian merupakan sektor kedua yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi, setelah industri pengolahan, dan masih di atas sektor pertambangan dan penggalan.



Sumber: Badan Pusat Statistika 2016

Gambar 1.1 Produk Domestik Bruto Menurut Lapangan Usaha Tahun 2013 – 2016

Begitu besarnya peranan sektor pertanian Indonesia tidak terlepas dari industri pupuk. Peranan industri pupuk dalam menunjang ekonomi khususnya sektor pertanian tidak diragukan. Seiring dengan kebijakan presiden tentang ketahanan pangan di Indonesia peningkatan lahan pertanian dan perkebunan Indonesia pun semakin difokuskan, sehingga kebutuhan akan pupuk pun semakin meningkat.

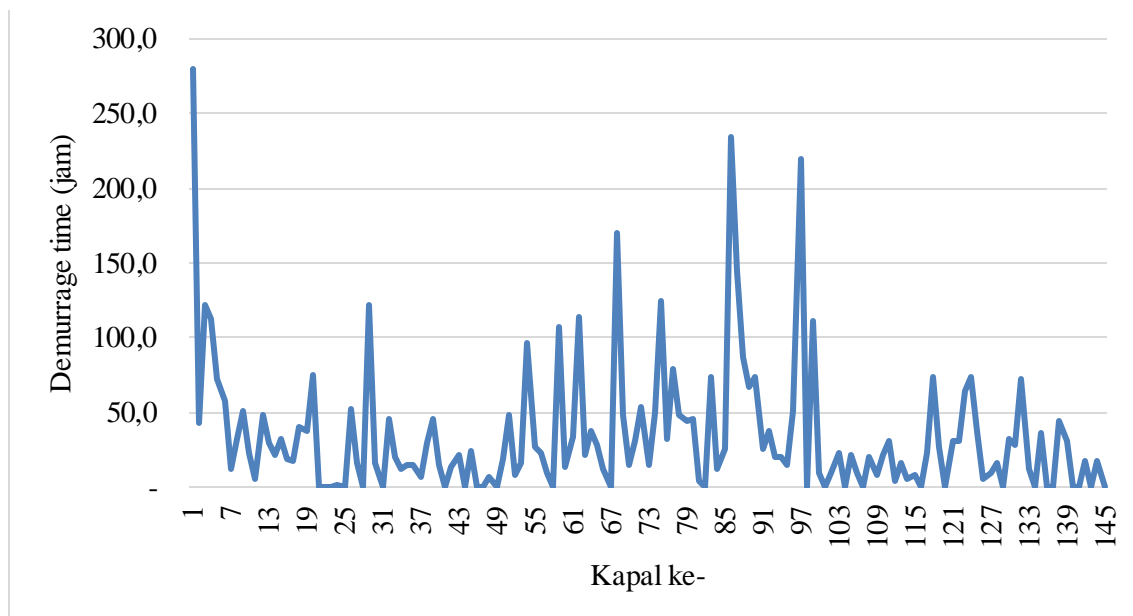
Indonesia merupakan negara kepulauan yang terbesar di dunia, terdiri dari 17.499 pulau dari Sabang hingga Merauke. Luas total wilayah Indonesia adalah 7,81 juta km<sup>2</sup> yang terdiri dari 2,01 juta km<sup>2</sup> daratan, 3,25 juta km<sup>2</sup> lautan, dan 2,55 juta km<sup>2</sup> Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE). Hal itu menyebabkan sarana laut menjadi moda transportasi utama dalam aktivitas distribusi di berbagai bidang industri, salah satunya adalah industri pupuk dan bahan kimia. Moda transportasi laut dapat menghubungkan banyak pulau di Indonesia, sehingga pendistribusian pupuk dan bahan kimia lainnya dapat berjalan dengan lancar. Keberhasilan distribusi di jalur laut juga perlu ditunjang dengan penyelenggaraan fasilitas pelabuhan yang baik.

Pelabuhan merupakan tempat yang terdiri atas daratan dan / atau perairan dengan batas-batas tertentu, sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan / atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi. Berdasarkan penyelenggaraannya pelabuhan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pelabuhan umum dan pelabuhan khusus. Pelabuhan umum adalah pelabuhan yang diselenggarakan untuk pelayanan masyarakat umum seperti transportasi publik maupun perdagangan, sedangkan pelabuhan khusus merupakan pelabuhan yang diselenggarakan khusus untuk menunjang kebutuhan suatu lembaga tertentu. Pelabuhan khusus biasanya dibangun oleh perusahaan untuk menunjang aktivitas distribusi produk dari perusahaan tersebut.

Salah satu perusahaan dan produsen amoniak, urea, dan pupuk NPK terbesar di Indonesia memiliki pelabuhan khusus. Produknya pun tersebar baik dalam maupun luar negeri. Perusahaan ini mendapatkan penugasan pemerintah untuk memenuhi subsidi meliputi 2/3 wilayah Indonesia yakni Kawasan Timur Indonesia hingga Papua dan sebagian besar Jawa Timur dan Kalimantan, kecuali Kalimantan Barat.

Kedatangan kapal di pelabuhan diatur berdasarkan kontrak kerja dan rencana volume produksi perusahaan. Semakin tinggi rencana volume produksi, maka jumlah kapal yang

didatangkan oleh manajemen ke pelabuhan akan semakin banyak. Pada tahun 2017 terdapat 916 buah kapal yang bersandar di 8 Dermaga Pelabuhan Khusus PT. X tersebut, setiap kapal melakukan aktivitas bongkar muat selama 20 s.d. 400 jam sesuai volume yang akan dipindahkan dengan rata – rata waktu bongkar muat yang dibutuhkan adalah 111,5 jam. Tingginya variasi waktu pelayanan kapal, menyebabkan penjadwalan semakin kompleks dan memunculkan berbagai persoalan, termasuk tingginya *demurrage cost*. *Demurrage* terjadi apabila kapal masih berada di area pelabuhan untuk melakukan proses bongkar muat melebihi waktu (*laytime*) yang disepakati dalam kontrak kerja. Tingginya *demurrage* di pelabuhan tersebut disebabkan oleh berbagai faktor, diantaranya adalah keadaan alam, *human error*, kerusakan fasilitas, serta adanya ketidakpastian waktu produksi, kedatangan kapal, dan proses bongkar muat kapal.



Sumber: PT. X, diolah kembali

Gambar 1.2 Kejadian *Demurrage* serta Waktu *Demurrage* Perusahaan Tahun 2017

Pada Gambar 1.2 diatas dapat dilihat banyaknya kejadian serta lamanya *demurrage* yang terjadi pada perusahaan tahun 2017. Terdapat 118 kejadian kapal mengalami *demurrage* pada tahun 2017 dengan rata – rata *demurrage time* sebesar 34,8 jam dan total *demurrage time* sebesar 5.040,1 jam/tahun. Rata – rata *demurrage cost* yang dibayarkan adalah US \$ 4.599 /tahun. Sehingga total *demurrage cost* yang dibayarkan adalah US \$ 965.803 /tahun.

Pada sistem terdapat ketidakpastian dan interdependensi proses sehingga penerapan metode simulasi dinilai tepat untuk memberikan perbaikan di pelabuhan tersebut. Simulasi adalah metode penyelesaian masalah dengan cara meniru sistem nyata menjadi sebuah model di dalam komputer yang dapat merepresentasikan sistem nyata tersebut dengan benar.

Berdasarkan jenis kejadian pada sistem, maka *descrete event simulation* (DES) merupakan jenis simulasi yang sesuai karena variabel-variabel sistem dapat berubah berdasarkan perubahan waktu. Melalui model simulasi, penulis akan membuat skenario perbaikan yang diharapkan menjadi solusi dari masalah tersebut. Pada penelitian ini skenario perbaikan yang akan ditawarkan adalah upaya menurunkan *idle time* dan menambah *effective time* (produktivitas muat). Semua hasil *demurrage cost* pada skenario yang ditawarkan akan dibandingkan dengan *demurrage cost* pada kondisi eksisting, begitu juga antar skenario. Selanjutnya masing – masing skenario akan dibandingkan dengan besaran nilai investasi yang ditanggung apabila skenario perbaikan tersebut direalisasikan. Skenario tersebut diharapkan dapat menurunkan *demurrage cost* di pelabuhan-pelabuhan yang sejenis, dan akan direkomendasikan untuk perbaikan sistem pelabuhan kedepannya.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Perumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting pola pengiriman serta operasional di Pelabuhan Khusus tersebut?
2. Bagaimana kondisi eksisting dari biaya *demurrage* yang ada di Pelabuhan Khusus tersebut?
3. Faktor apa saja yang mempengaruhi tingginya biaya *demurrage* di Pelabuhan Khusus tersebut?
4. Bagaimana solusi untuk menurunkan biaya *demurrage* di Pelabuhan Khusus tersebut?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi eksisting dari pola pengiriman serta operasional di Pelabuhan Khusus tersebut.
2. Mengetahui kondisi eksisting dari biaya *demurrage* yang ada di Pelabuhan Khusus tersebut.
3. Mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi tingginya biaya *demurrage*.
4. Mengembangkan alternatif – alternatif skenario perbaikan yang dapat menurunkan biaya *demurrage* di Pelabuhan tersebut.

#### **1.4. Manfaat**

Manfaat yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Menjadi rujukan perusahaan dalam menurunkan biaya *demurrage* pada pelabuhan khusus curah kering.
2. Menjadi sumber rujukan pada penelitian selanjutnya yang serupa.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Penelitian untuk Tugas Akhir ini dilakukan di pelabuhan khusus PT. X pada saat kondisi normal.
2. Penelitian fokus pada 2 dermaga muat saja yakni Dermaga QAL dan Dermaga BSL. Karena kejadian *demurrage* hanya terjadi di 2 dermaga itu.

#### **1.6. Hipotesis Awal**

Dugaan awal dari Tugas Akhir ini adalah tingginya waktu *idle* serta kecilnya *effective time* merupakan penyebab tingginya *demurrage cost*. Dengan perencanaan penambahan produktivitas yang optimal akan meningkatkan efisiensi dalam operasional pelabuhan. Sehingga diharapkan dapat memperkecil biaya *demurrage* yang terjadi pada Pelabuhan.

#### **1.7. Sistematika Penulisan Tugas Akhir**

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

ABSTRAK

ABSTRACT

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I PENDAHULUAN

Berisikan konsep penyusunan Tugas Akhir yang meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, hipotesa, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan teori-teori yang mendukung dan relevan dengan penelitian yang dilakukan. Teori tersebut dapat berupa penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya seperti Jurnal, Tugas Akhir, Tesis, dan Literatur lain yang relevan dengan topik penelitian.

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan langkah-langkah atau kegiatan dalam pelaksanaan Tugas Akhir yang mencerminkan alur berpikir dari awal pembuatan Tugas Akhir sampai selesai, dan proses pengumpulan data-data yang menunjang pengerjaannya.

### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisikan penjelasan mengenai lokasi dan kondisi objek pengamatan secara umum, selain itu beberapa data yang telah diperoleh selama masa survey dan telah diolah akan dijelaskan di dalam bab ini.

### BAB V PEMBUATAN SIMULASI

Berisikan tahapan proses pembuatan simulasi, hasil yang diperoleh dari pembuatan model simulasi, dan uji validasi dari model simulasi yang dibuat.

### BAB VI ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berisikan tentang tahap pengembangan model, analisa skenario yang dilakukan sehingga memperoleh *layout* pelabuhan curah kering yang paling optimum.

### BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan hasil analisis yang didapat dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut yang berkaitan dengan materi yang terdapat di dalam Tugas Akhir ini.

### DAFTAR PUSTAKA

### LAMPIRAN



## Bab 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Moda Transportasi Laut

Moda transportasi laut (kapal) untuk distribusi biasanya digunakan untuk pengiriman barang dalam kapasitas besar dan berjarak jauh. Berdasarkan fungsinya kapal dibedakan menjadi 3 jenis yaitu kapal niaga, kapal industri, dan kapal pelayanan. Kapal niaga atau Kapal dagang adalah perahu atau kapal yang mengangkut kargo (barang), atau juga membawa penumpang untuk disewa. Kapal merupakan permintaan turunan dari muatan. Artinya bentuk kapal dapat bermacam – macam tergantung muatan yang dibawa. Untuk kapal niaga, muatan yang dibawa dapat bermacam – macam, berdasarkan jenis muatannya terbagi menjadi 2 yakni *general cargo* yang terdiri dari muatan seperti petikemas, *general cargo*, dan Ro-Ro serta muatan *bulk* yang terdiri dari muatan curah cair dan curah kering. Berikut merupakan beberapa contoh kapal niaga menurut (Velsink, 2012):

#### 1. Kapal *General Cargo*

Kapal *general cargo* adalah kapal yang mengangkut bermacam-macam muatan berupa barang. Barang yang diangkut merupakan barang yang sudah dikemas maupun barang yang tidak dapat dikemas. Kapal *general cargo* dilengkapi dengan *crane* pengangkut barang untuk memudahkan bongkar-muat muatan.



Sumber: <http://maritime-connector.com>

Gambar 2.1 Kapal *General Cargo*

Berikut adalah contoh muatan, kemasan, serta alat bongkar muat yang dibutuhkan kapal *general cargo* :

Tabel 2.1 Muatan, Kemasan, Serta Alat Bongkat Muat Kapal *General Cargo*

No	Categories of Cargos	Shape of Packing	Cargo Handling Method
1	Bagged goods	Undefined shape	Ropes, on pallets
2	Normal break bulk	Crates, boxes, drums	Ropes, hooks, pallets
3	Neo-bulk	Steel plates, bars and wire, lumber and timber, paper	Ropes and hooks, cassettes

Sumber : (Velsink, 2012)

Berdasarkan tabel diatas muatan *general cargo* dapat berupa muatan tak berbentuk, muatan yang dikemas didalam kotak, drum, atau bahkan muatan – muatan yang sangat besar seperti plat besi, mesin, ban, dan sebagainya.

## 2. Kapal Petikemas

Kapal petikemas adalah kapal yang dibangun khusus mengangkut kontainer atau peti kemas ukuran standar. Penempatan peti kemas bersifat seluler, dengan bingkai vertikal. Berukuran mulai dari sekitar 500 TEU hingga sekitar 22.000 TEU. Kontainer dapat memuat kontainer ukuran 20 ft dan 40 ft. Setiap kapal umumnya mencantumkan kapasitas angkut maksimumnya untuk masing-masing ukuran kontainer.



Sumber: <https://www.wartsila.com>

Gambar 2.2 Kapal Petikemas (*Container vessel*)

Kapal petikemas memiliki rongga (*cells*) untuk menyimpan peti kemas ukuran standar. Peti kemas diangkat ke atas kapal di terminal peti kemas dengan menggunakan kran/derek khusus yang dapat dilakukan dengan cepat, baik derek-derek yang berada di dermaga, maupun derek yang berada di kapal itu sendiri.

## 3. Kapal Ro-Ro

Kapal ro-ro merupakan kapal yang bisa memuat kendaraan yang berjalan masuk ke dalam kapal dengan penggeraknya sendiri dan bisa keluar dengan sendiri juga, sehingga disebut sebagai kapal roll on - roll off atau disingkat Ro-Ro. Oleh karena itu, kapal ini

dilengkapi dengan pintu rampa (*ramp door*) yang dihubungkan dengan *moveble bridge* atau dermaga apung ke dermaga.



Sumber: <https://www.marineinsight.com>

Gambar 2.3 Kapal *Roll on – Roll off*

Kapal Roro selain digunakan untuk angkutan truk, digunakan untuk mengangkut mobil penumpang, sepeda motor, serta penumpang jalan kaki.

#### 4. Kapal Curah Cair

Kapal curah cair ialah kapal yang digunakan khusus mengangkut muatan cair seperti minyak kelapa sawit, minyak mentah, bahan kimia, dan sebagainya. Kapal curah cair biasa disebut dengan kapal *tanker* karena sesuai jenis muatannya yang cair, bentuk ruang muat dari kapal ini adalah berupa tangki.



Sumber: <http://www.marinevesseltraffic.com>

Gambar 2.4 Kapal Curah Cair (*Tanker*)

Kapal *tanker* memiliki karakteristik yang berbeda dari kapal lain, seperti umumnya berukuran besar, memiliki *coefficient block* (CB) yang besar, bersarat rendah, serta memiliki lambung ganda (*double hull*) yang berfungsi sebagai salah satu upaya pencegah kebocoran muatan.

## 5. Kapal Curah Kering

Kapal curah kering merupakan kapal pengangkut barang-barang yang bersifat homogen dan banyak dalam bentuk partikel - partikel dalam bentuk curah kering. Contoh muatan yang mampu diangkut menggunakan kapal curah kering ialah batubara, semen, pupuk, biji – bijian, dan sebagainya.



Sumber: <https://www.marineinsight.com>

Gambar 2.5 Kapal Curah Kering (*Bulk Carrier*)

Kapal curah kering biasanya dilengkapi oleh *crane* kapal beserta *grab* atau *self-unloaders* yang digunakan sebagai alat bongkar dan muat muatan. Namun apabila kapal tidak memiliki *crane* maka kegiatan bongkar muat dapat menggunakan peralatan darat di dermaga, seperti *ship unloader*, *conveyor*, dan sebagainya.

## 2.2. Pelabuhan

Pelabuhan adalah sebuah fasilitas di ujung samudera, sungai, atau danau untuk menerima kapal dan memindahkan barang kargo maupun penumpang ke dalamnya. Pelabuhan biasanya memiliki alat-alat yang dirancang khusus untuk memuat dan membongkar muatan kapal-kapal yang berlabuh (Triatmodjo, B, 2009).

Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi (Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran, 2008).

Pelabuhan memiliki daerah pengaruh (hinterland), yaitu daerah yang mempunyai kepentingan hubungan ekonomi, sosial, dan lain – lain dengan pelabuhan tersebut. Selain untuk kepentingan ekonomi dan sosial, ada pula pelabuhan yang dibangun untuk kepentingan pertahanan. Pelabuhan ini dibangun untuk tegaknya suatu Negara. Dalam hal ini pelabuhan disebut dengan pangkalan angkatan laut atau militer. Menurut Bambang Triadmodjo Pelabuhan dapat dibedakan menjadi beberapa macam, berdasarkan jenis pelayanannya pelabuhan terbagi menjadi 2, yaitu :

#### 2.2.1. Pelabuhan umum

Pelabuhan umum adalah pelabuhan yang di selenggarakan untuk kepentingan masyarakat umum. Penyelenggaraan pelabuhan umum dilakukan oleh pemerintah dan pelaksanaannya dapat dilimpahkan kepada badan usaha yang didirikan dengan maksud dan tujuan tersebut.

#### 2.2.2. Pelabuhan khusus

Pelabuhan khusus adalah pelabuhan yang dikelola untuk kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu. Pengelolaan pelabuhan khusus adalah pemerintah, pemerintah provinsi, pemerintah kabupaten/kota atau Badan Usaha Indonesia yang memiliki Izin untuk mengelolala pelabuhan khusus.

### 2.3. Operasional Pelabuhan

#### 2.3.1. Labuh dan Tambat

Pelabuhan memiliki daerah kerja di daratan dan juga daerah kerja di perairan. Batas-batas di daratan yang di maksud di sini adalah garis pantai dan di perairan adalah titik-titik koordinat di laut yang telah di sahkan oleh Menteri Dalam Negeri atau minimal di tentukan oleh Pemda Tk. I. Perairan pelabuhan khususnya yang berupa kolam pelabuhan harus dapat di gunakan untuk berlabuh kapal dengan aman sambil menunggu pelayanan berikutnya yaitu bertambat di dermaga pelabuhan. Terdapat beberapa indikator untuk mengukur kinerja dan penggunaan peralatan di pelabuhan, diantaranya:

- a. *Turn Round Time* (TRT) atau waktu pelayanan kapal di pelabuhan, dihitung sejak kapal masuk perairan pelabuhan sampai dengan kapal meninggalkan perairan pelabuhan.
- b. *Waiting Time* (WT) atau waktu tunggu, dihitung sejak kapal meminta tambatan sampai kapal tambat.

- c. *Postpone Time* (PT) atau waktu tertunda yang tidak di manfaatkan oleh kapal selama kapal berada di perairan, misalnya kapal tunggu dokumen, tunggu muatan dan lain-lain.
- d. *Ton Per Ship Hour in Port* (TSHP) yaitu kecepatan bongkar-muat tiap kapal selama di pelabuhan per periode tertentu atau dengan pengertian lain jumlah bongkar dan muat tiap kapal di bagi dengan jumlah jam lamanya kapal di pelabuhan.

Tambatan adalah bangunan fasilitas pelabuhan untuk merapatnya kapal, bisa dibuat dari beton, besi/kayu, pelampung, *breasting dolphin*, maupun pinggiran pantai. Pihak pelabuhan harus dapat memberikan tempat tambat bagi kapal untuk melakukan bongkar muat dengan lancar, tertib dan aman. Idealnya persentase penggunaan tambatan seharusnya dibawah 65% tetapi umumnya di pelabuhan-pelabuhan besar di negara kita persentase tersebut sudah melebihi dari 65%, sehingga mengakibatkan adanya kapal-kapal yang antri untuk bertambat. Penilaian keberhasilan kinerja operasional tambatan adalah sebagai berikut:

- a. *Berth Through Put* (BTP) atau daya lalu dermaga/tambatan adalah jumlah Ton/m<sup>3</sup> barang dalam satu periode yang melewati tiap meter panjang tambatan yang tersedia.
- b. *Tons Per Ship Hour at Berth* (TSHB) atau jumlah rata-rata bongkar muat per kapal tiap jam selama kapal berada di tambatan.
- c. *Berth Time* atau waktu tambat adalah jumlah jam selama kapal berada di tambatan.
- d. *Berth Working Time* (BWT) adalah jam kerja yang tersedia selama kapal berada di tambatan tidak termasuk jam istirahat.
- e. *Not operation Time* (NOT) atau waktu tidak bekerja yang direncanakan selama kapal berada di tambatan.
- f. *Effective Time / Operation Time* (ET/OT) atau waktu efektif yaitu jumlah jam riil yang digunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat selama kapal berada di tambat/dermaga.
- g. *Idle Time* (IT) atau waktu terbuang adalah jumlah jam kerja yang tidak terpakai (terbuang) selama waktu kerja bongkar muat di tambatan, tidak termasuk jam istirahat.
- h. *Berth Occupancy Ratio* (BOR) atau tingkat pemakaian tambatan adalah perbandingan antara jumlah waktu pemakaian tiap tambatan dibanding dengan



jumlah dermaga dan waktu yang tersedia selama periode tertentu yang dinyatakan dalam prosen.

### 2.3.2. Bongkar dan Muat Barang Curah

Pada hakekatnya jenis komoditas barang curah kering dapat dibedakan menjadi 2, yakni:

1. Barang dalam jumlah besar (*major bulk*) seperti batubara, semen, pupuk, bauksit, dan sebagainya
2. Barang dalam jumlah kecil (*minor bulk*) seperti beras, jagung, kedelai, gula, dan sebagainya.

Dalam skala kecil bongkar muat pada barang curah kering umumnya sama dengan bongkar muat barang umum (GC) hanya yang berbeda adalah penggunaan tenaga kerja bongkar-muatnya per-gang, per-palka, per-gilir kerja, yaitu:

- (a). *Stevedoring* memerlukan 15 orang
- (b). *Cargodoring* memerlukan 20 orang
- (c). *Delivery* atau *Receiving* 15 orang

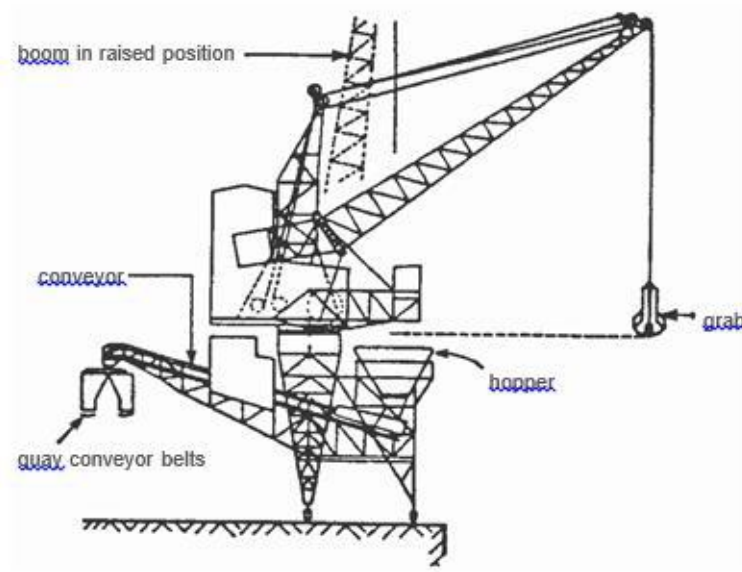
Penggunaan tenaga kerja yang dimaksud di atas dapat berubah jumlahnya misalnya untuk mengejar waktu atau atas permintaan dari pemilik barang atau pihak pelayaran, tentunya biayanya juga bertambah dan menjadi beban bagi pihak yang meminta tambahan tersebut.

Namun dalam skala besar bongkar muat pada barang curah kering digunakan beberapa alat bongkar muat yang bervariasi tergantung jenis kegiatan (bongkar/muat), banyaknya muatan, serta kapasitas terminal.

#### 2.3.2.1. Alat Bongkar

Untuk jenis kegiatan bongkar (*unloading*) alat bongkar muat yang digunakan antara lain *grab*, *pneumatic system*, *vertical conveyors*, *bucket elevators*, *slurry systems*, dan *self-discharging vessels*. *Grab* biasanya digunakan untuk mengambil muatan dari kapal dan mengeluarkannya ke dalam *hopper* yang terletak di tepi dermaga, yang dapat tersambung baik ke *conveyor* maupun truk. Jumlah total muatan yang dapat dibongkar menggunakan *grab* dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kecepatan pengangkatan, percepatan dari tangan *grab* (*grab bucket*), kecepatan pergerakan alat, jarak baik horizontal maupun vertikal, keterampilan operator, jenis muatan atau material yang ditangani, bentuk dan ukuran muatan, serta persyaratan pembersihan *grab*.

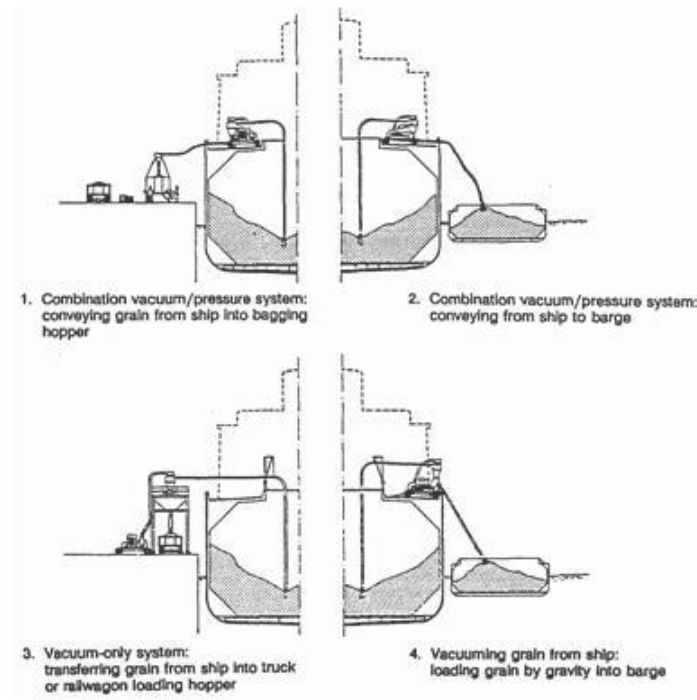




*Sumber: (Velsink, 2012)*

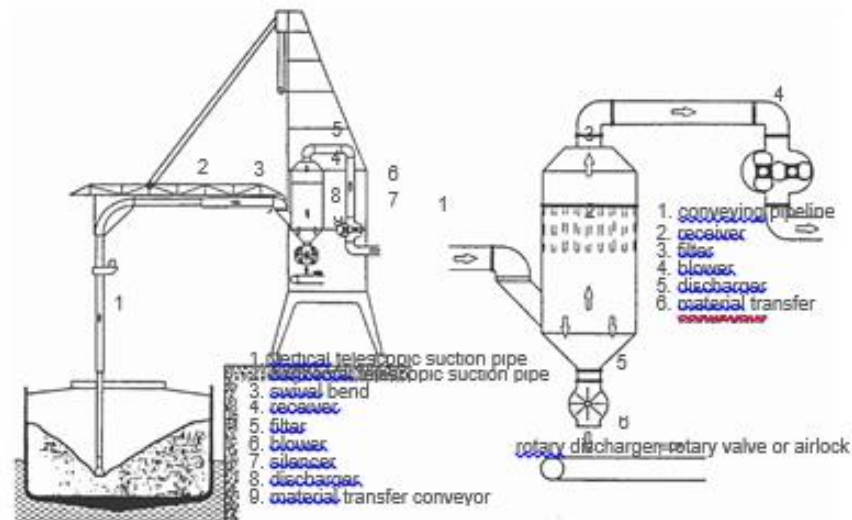
**Gambar 2.6 Ilustrasi Grab Ship Unloader beserta Hopper**

Bulk cargo dengan berat dan viskositas spesifik yang rendah, mis. biji-bijian, semen, bubuk batu bara, ikan, tepung ikan, dll., dapat ditangani oleh sistem pneumatik. Kerugian dari tipe tekanan adalah masalah debu. Konstruksi konveyor pneumatik vakum sederhana, dan tidak ada tumpahan bahan selama pengangkutan. Namun, konsumsi daya tinggi, dibandingkan dengan sistem pengangkutan lainnya. Lift pneumatik dapat berupa *quay* maupun mengambang yang dipasang diatas pontoon.



Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.7 Portable Pneumatic Handling Equipment

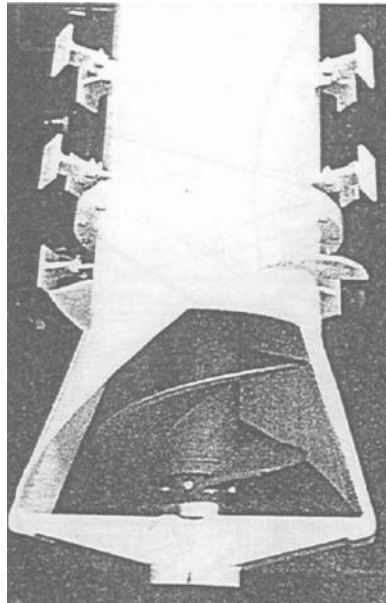


Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.8 Pneumatic Suction Conveying System for Ship Unloader

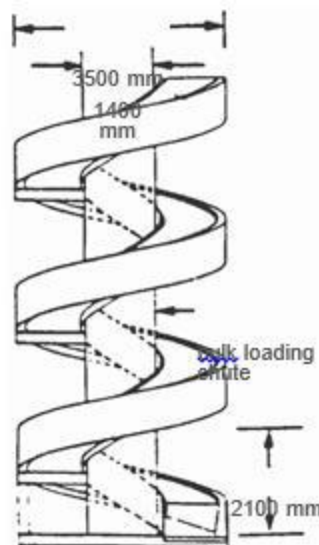
Selanjutnya adalah conveyor. Ada tiga jenis conveyor yang digunakan untuk kebutuhan bongkar yakni conveyor rantai, conveyor sekrup vertikal, dan conveyor spiral. Conveyor rantai biasanya dibangun di dalam casing persegi panjang, sedangkan conveyor sekrup vertikal adalah sekrup full-blade yang terdapat dalam casing tubular. Pengangkutan oleh conveyor rantai dibatasi untuk bahan yang kering dan mudah gembur, sementara conveyor

sekrup dapat menangani secara efisien dengan bahan bubuk halus dan granular, bahan dengan kental berukuran sesuai, bahan semi cair dan bahan serat. Untuk pembongkaran atau pemuatan curah konveyor spiral vertikal dapat digunakan.



Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.9 Vertical screw conveyor

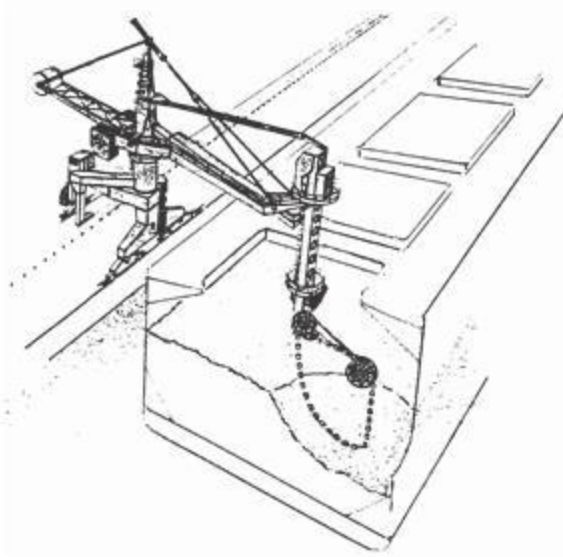


Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.10 Spiral Conveyor

*Lift bucket* terdiri dari roda *bucket* yang berputar terus-menerus, yang digantung dari booming lufper dari unloader yang bergerak. Roda ember ini menggali bahan dan memberi makan lift ember terus menerus. Dermaga harus dibangun untuk menahan gaya penggalian dinamis dan berat struktur peralatan. Atau, lift rantai ember dapat digunakan, dengan ember

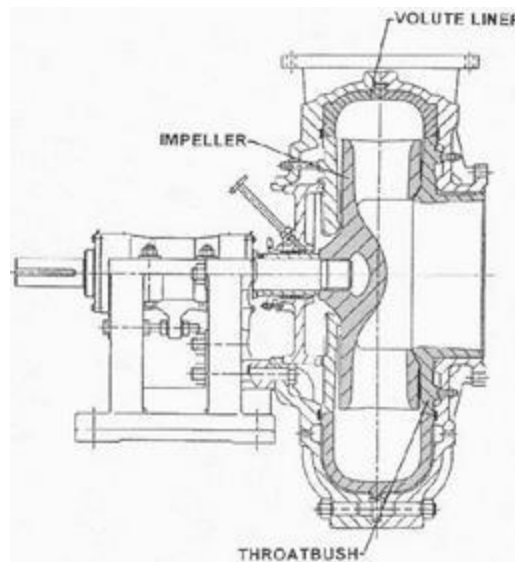
berfungsi sebagai sendok penggalian. Seperti pada kasus elevator roda, lift bucket digantung dari booming lufef. Seringkali, masih memegang satu kapal penuh tidak dapat ditutupi sementara perjalanan yang berbeda, lufing dan gerakan slewing yang harus dilakukan selama bongkar muat membuat peralatan rentan secara mekanis. Biaya perawatan untuk *bucket elevator* mungkin sedikit lebih besar. Dalam hal biaya per ton muatan yang dibongkar *bucket elevator* tampak kurang efisien daripada *grab* dengan mempertimbangkan total belanja modal dan biaya operasional. Namun tingkat penggalian dari *unloader* terbesar yang dibangun hingga saat ini adalah sekitar 5.000 ton/jam, lebih besar dibanding dengan *grab* yang hanya mampu sekitar 4.000 ton/jam.



Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.11 *Continuous Unloader* dengan 762 mm Buckets dengan *Revolving Crane*

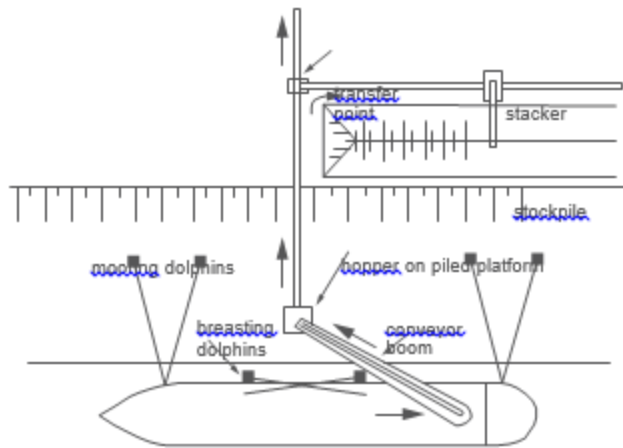
Sebuah pompa bubuk adalah jenis pompa sentrifugal, pompa lobus atau pompa selang peristaltik dalam prinsip fisika yang meningkatkan tekanan campuran partikel padat dan cair (alias bubuk ), melalui gaya sentrifugal (impeler yang berputar) dan mengubah energi listrik menjadi potensial bubuk dan energi kinetik. Pompa lumpur banyak digunakan untuk mengangkut bubuk yang korosif / abrasif dan konsentrasi tinggi di banyak industri seperti emas, perak, bijih besi, timah, baja, batu bara, titanium, tembaga, pasir mineral, timbal dan seng. Mereka sering dirancang agar cocok untuk penggunaan berat dan penggunaan tugas berat.



Sumber : <http://www.pumpfundamentals.com>

Gambar 2.12 *Slurry Pump* atau Pompa Bubur

Kapal curah kering dirancang untuk pengangkutan komoditas seperti biji-bijian, batu bara, turunan bijih besi, bauksit, fosfat, semen, dll. Di masa lalu moda transportasi laut ini juga telah dirancang dan dibangun untuk pengangkutan kargo curah kering dan cair. Pemuatan bulk carrier hampir selalu terjadi oleh peralatan berbasis pantai. Namun ada beberapa kapal curah yang membongkar menggunakan *self-unloader*. Kapal induk yang diangkut adalah kapal yang dilengkapi dengan crane deck mounted grab, biasanya satu untuk setiap palkah. *Self-unloader* dilengkapi dengan sistem pembongkaran yang kontinyu. Biasanya terdiri dari satu atau lebih sabuk konveyor yang membujur secara horizontal di bagian bawah kapal, dan akan terisi oleh muatan yang berasal dari cengkeraman berbentuk corong melalui katup atau pintu yang dioperasikan secara hidrolik. Konveyor horizontal membongkar ke konveyor miring atau vertikal yang, pada gilirannya, mentransfer kargo pada konveyor ketiga yang dipasang pada boom yang berputar (hingga 80 m panjang). Dari sana, muatan jatuh ke hopper berbasis pantai.



Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.13 Self-Unloaders pada Kapal Curah Kering

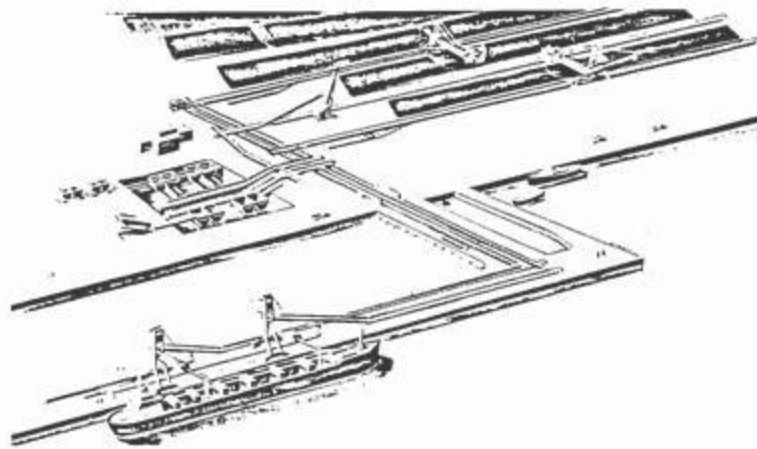
Keuntungan dari penggunaan *self-unloader* adalah tidak diperlukan *crane* darat, tetapi khususnya untuk dermaga tipe *dolphin* cukup memadai untuk menyandarkan kapal. Kerugiannya adalah bahwa kapal lebih mahal per ton kapasitas dan lebih rentan terhadap kerusakan mekanis, seperti sabuk konveyor yang rusak akan sulit diperbaiki di ruang yang terbatas di bagian bawah kapal. Untuk kapasitas ruang muat yang dibutuhkan juga lebih kecil, karena berkurang oleh sabuk konveyor dibagian bawah kapal. Mereka memiliki keuntungan dapat mengunjungi hampir semua pelabuhan karena draft terbatas mereka. Mereka dilengkapi untuk mengangkut kargo curah dan umum serta memiliki peralatan bongkar sendiri.

#### 2.3.2.2. Alat Muat

Pemuatan kargo curah hampir selalu merupakan proses yang berkelanjutan di mana satu atau lebih *ship loader* yang dapat digerakkan dan diberi muatan oleh sistem ban berjalan (*belt conveyor*) dari stockpile dan menurunkan muatan di dalam palkah kapal yang berbeda. Dalam kasus produk kering dan berdebu, kapal pemuat harus dilengkapi dengan saluran teleskopik atau spiral untuk mengurangi tinggi jatuhnya dan kecepatan jatuh. Kapasitas beban bervariasi dari beberapa ribu ton/jam hingga 20.000 ton / jam (Tubarao, Brasil). Secara khusus untuk terminal pemuatan yang sangat besar, menerima kapal curah yang besar dan membutuhkan kedalaman air yang besar, pemilihan lokasi, tata letak terminal dan sistem pemuatan harus menjadi upaya gabungan dari insinyur mekanik dan sipil karena masalah masing-masing sangat saling terkait.

Mesin pemuat kapal yang paling umum adalah derek penjelajah di dermaga atau dermaga, tempat kapal berlabuh. Namun, karena ukuran besar *quaywalls bulk* dengan panjang 300 m dibutuhkan, dengan tinggi penahan yang besar, substruktur sipil menjadi relatif mahal.

Untuk alasan itu, apa yang disebut loader kapal radial dan linier telah dikembangkan, yang lebih murah dalam hal sub-struktur.



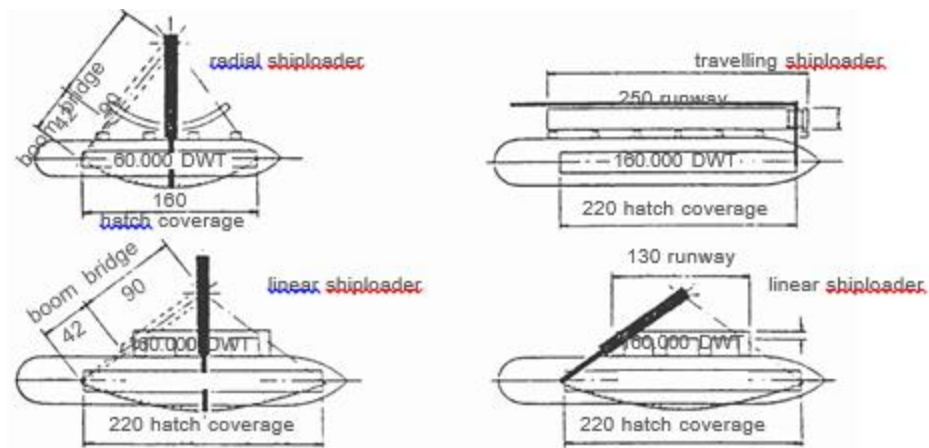
Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.14 Terminal Muat untuk Muatan Curah Kering

Jembatan pemuat pada *linear loader* berputar di sekitar pivot, dan didukung oleh poros dan rel paralel lurus ke kapal. Selain berputar, jembatan juga melakukan perjalanan panjang melintasi pivot. Karena gerakan gabungan ini, bagian depan jembatan bergerak sejajar dengan sisi kapal. Untuk mencapai pegangan kapal, pemuatan booming dengan gerakan horisontal dan vertikal terhubung ke jembatan.

Sedangkan pada *radial loader* jembatan pemuat juga bergerak di sekitar pivot, tetapi didukung di ujung lainnya dengan lintasan melingkar. Boom pemuatan teleskopik terpasang ke jembatan. Boom ini dapat mencapai semua pegangan kapal yang berlabuh di sejumlah lumba-lumba yang ditempatkan dalam satu jalur. Sebuah alternatif untuk sistem ini, memungkinkan kapal untuk menuju ke arah yang berbeda, memiliki lumba-lumba yang ditempatkan di segmen lingkaran, atau menyediakan landasan pelampung untuk kapal. Solusi terakhir digunakan untuk terminal yang tidak digeser untuk meminimalkan efek gelombang.





Sumber: (Velsink, 2012)

Gambar 2.15 Linear dan Radial Ship Loader

## 2.4. Terminologi Laytime, Demurrage, dan Despatch

Tujuan utama piagam pelayaran adalah kargo dibawa dari satu tempat ke tempat lain. Pihak penyewa kapal setuju untuk membayarkan sejumlah biaya yang disebut *freight* untuk pengiriman dari lokasi A ke lokasi B. Namun, sebelum muatan tersebut dibawa, muatan harus dimuat terlebih dahulu di Pelabuhan asal, dan ketika sampai ditempat tujuan, muatan tersebut harus dibongkar. Kegiatan muat dan bongkar ini membutuhkan waktu. Dan nilai waktu untuk kapal adalah sangat besar. Oleh karena itu terciptalah sebuah perjanjian antara perusahaan pelayaran dengan pihak pemilik barang (penyewa) yang akan saling menguntungkan kedua belah pihak terutama dalam proses muat atau bongkar jika terjadi keterlambatan. Berikut merupakan istilah yang sering digunakan dalam proses penyewaan tersebut menurut (Lopez, 1992) :

### 1. Laytime

*Laytime* merupakan jangka waktu yang diperbolehkan untuk menggunakan kontainer maupun aktivitas bongkar muat yang tertera di dalam kontrak kesepakatan antara kedua belah pihak yang bersangkutan. Istilah ini dapat diartikan berbeda pada beberapa jenis bisnis. Di pelabuhan, *laytime* diartikan sebagai waktu yang diperbolehkan bagi kapal dan pihak pelabuhan untuk melakukan bongkar muat kapal. Jika waktu bongkar muat melebihi *laytime*, maka dianggap telah terjadi *demurrage*.

### 2. Laycan

*Laycan* merupakan singkatan yang digunakan untuk "*Laydays and cancellation clause*" dalam charterparty. Klausul tersebut menyediakan waktu paling awal

(tercepat) dan terlama untuk kapal dapat muat barang di Pelabuhan. Ungkapan, "laycan", sangat umum digunakan dalam negosiasi dan diskusi *chartering*.

### 3. *Demurrage*

*Demurrage* terjadi apabila aktivitas di pelabuhan (leadtime) melebihi waktu *laytime*. Jika *demurrage* terjadi, maka salah satu pihak dalam kesepakatan tersebut harus membayar sebanyak nilai tertentu kepada pihak yang dirugikan. Pada umumnya, pihak yang membayar *demurrage* adalah pelabuhan kepada pihak kapal. Akan tetapi pada beberapa kasus, kedua pihak dapat mengadakan rapat untuk saling klaim penyebab kesalahan. Sehingga pihak yang membayar biaya *demurrage* adalah pihak yang dinyatakan bersalah.

### 4. *Despatch*

*Despatch* terjadi apabila proses bongkar muat selesai lebih cepat daripada kesepakatan. *Despatch* merupakan kebalikan dari *demurrage*, biasanya pihak kapal memberikan sejumlah penghargaan kepada pihak pelabuhan yang telah menyelesaikan proses bongkar muat lebih cepat. Biasanya besarnya nilai untuk *despatch* adalah separuh dari nilai *demurrage*.

## 2.5. Sistem

Sistem dapat didefinisikan sebagai kumpulan beberapa entitas yang bekerja dan saling mempengaruhi dalam tujuan penyelesaian beberapa logika. Sistem sebagai sekelompok komponen yang beroperasi secara bersama-sama untuk mencapai tujuan tertentu atau sekumpulan entitas yang bertindak dan berinteraksi bersama-sama untuk memenuhi suatu tujuan akhir yang logis. sebuah sistem didefinisikan sebagai sekumpulan obyek (manusia, mesin, dan informasi) yang dihubungkan dan saling berinteraksi bersama-sama dalam aturan-aturan atau adanya saling ketergantungan untuk menyelesaikan beberapa tujuan (Banks, II, & Nelson, 1984).

### 2.5.1. Elemen Sistem

Beberapa elemen sistem yang berupa istilah-istilah asing perlu dipahami oleh pemodel karena bagian-bagian ini sangat penting dalam menyusun suatu model simulasi. Elemen-elemen penyusun sebuah sistem, adalah (Herrel, 2004 dalam Ardwiansyah, 2016):

#### 1. Entitas (Entity)

Entitas merupakan obyek yang dinamis dalam simulasi. Entitas dapat didefinisikan segala item yang diproses dalam sistem dan dapat dibedakan berdasarkan

karakteristik yang dimiliki. Contoh dari entitas seperti orang, material, konsumen, dokumen, pasien, dan sebagainya.

2. Atribut (Attribut)

Atribut merupakan sebutan sifat atau karakteristik yang dimiliki elemen sistem. Setiap entitas memiliki ciri-ciri tertentu yang membedakan antara satu dengan yang lainnya. Jadi, atribut merupakan sesuatu yang melekat pada entitas. Atribut ini dapat berupa identitas, waktu, urutan, dan sebagainya.

3. Variabel (Variabel)

Variabel merupakan potongan informasi yang mencerminkan karakteristik suatu sistem. Variabel berbeda dengan atribut karena tidak mengikat suatu entitas melainkan sistem secara keseluruhan sehingga semua entitas dapat mengandung variabel yang sama. Variabel digunakan sebagai penghitung atau yang mengidentitas sistem tersebut, misalnya panjang antrian.

4. Sumber Daya (Resource)

Resources merupakan bagian dari elemen sistem yang melakukan aktivitas. Entitas-entitas seringkali saling bersaing untuk mendapat pelayanan dari resource yang ditunjukkan oleh operator, peralatan, atau ruangan penyimpanan yang terbatas. Suatu resource dapat grup atau pelayanan individu.

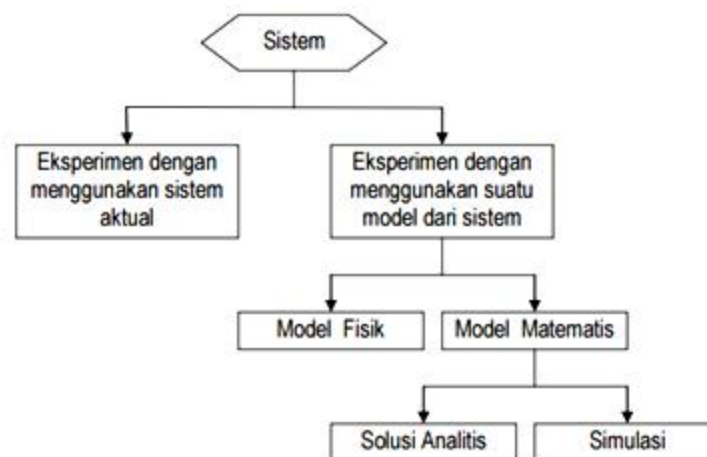
5. Kontrol (Control)

Hal-hal yang mengendalikan sistem, mengatur bagaimana, dimana, dan kapan aktivitas suatu sistem tersebut berjalan.

### 2.5.2. Pemodelan Sistem

Ada beberapa cara untuk dapat merancang, menganalisis dan mengoperasikan suatu sistem. Salah satunya dapat dilakukan dengan pemodelan atau membuat model dari sistem tersebut. Model dapat didefinisikan sebagai representasi dari sistem baik secara kualitatif dan atau kuantitatif yang mewakili suatu proses atau kejadian dimana dapat digambarkan secara jelas hubungan interaksi antara berbagai faktor penting yang akan diamati. Adapun tujuan pembuatan model adalah untuk dapat merepresentasikan setiap kejadian atau situasi-situasi yang terjadi dalam kenyataan, dapat menjelaskan perilaku dari obyek atau elemen-elemen sistem yang diamati, dapat digunakan untuk membantu atau mempermudah proses pemecahan masalah pengambilan keputusan dan media pembelajaran yang lebih mudah bila dibandingkan harus mempelajari "*real system*" nya.

Cara mempelajari sebuah sistem dapat dilakukan melalui dua eksperimen yaitu menggunakan sistem aktual dan menggunakan suatu model dari sistem. Model dari sistem sendiri dibagi menjadi dua, yaitu model fisik dan model matematis. Model fisik merupakan suatu model yang dapat terlihat oleh mata atau ada wujudnya, misalnya pembuatan maket bangunan. Model matematis adalah model yang tidak berwujud berupa serangkaian persamaan atau pernyataan logis yang menggambarkan perilaku sistem. Persamaan yang sederhana pada model matematis seringkali hasilnya bisa langsung digunakan dalam solusi analitis, sebaliknya jika model matematis terlalu kompleks maka lebih baik menggunakan simulasi (Law & Kelton, 2000).



*Sumber: (Law & Kelton, 2000)*

Gambar 2.16 Eksperimen Sistem

## 2.6. Model Simulasi

Model adalah representasi dari konstruksi, dan kerja dari suatu sistem. Model mirip dengan sistem yang diwakilinya tetapi lebih sederhana dari sistem tersebut. Simulasi adalah teknik yang digunakan dalam membuat keputusan dengan mengevaluasi perilaku model pada kondisi yang berlainan. Simulasi adalah perangkat uji coba yang menghasilkan solusi solusi yang hampir optimal yang dapat mempresentasikan sistem secara menyeluruh. Simulasi memungkinkan pembuatan keputusan dari solusi solusi yang ditawarkan. Banyak pendapat yang mengatakan bahwa simulasi merupakan upaya melakukan pendekatan terhadap sistem yang nyata dengan menghasilkan model. Model simulasi digunakan untuk menganalisis sistem yang lebih kompleks. Model simulasi dapat dipadukan dengan model numerik sehingga keduanya saling mendukung dalam menganalisis suatu jenis sistem yang kompleks. Model simulasi biasanya didukung oleh tipe data yang berhubungan langsung dengan angka acak,

sedangkan tipe data bersifat probabilitas. Data yang seperti ini memiliki perilaku terhadap sistem yang tidak dapat diprediksikan secara pasti karena perilakunya tidak beraturan.

Model simulasi memiliki variabel variabel tertentu sebagai *input*-an dalam pembuatan model. Perilaku variabel – variabel yang ada pada sistem dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) jenis yaitu *discrete system* dan *continuous system*. *Discrete system* adalah sistem di mana variabel – variabelnya berubah hanya pada sejumlah keadaan tertentu dan dapat dihitung pada saat tertentu. Sebagai contoh adalah perhitungan kepadatan muatan armada ferry, mulai saat melakukan parkir (lama parkir) sampai ke tujuan pada saat tertentu. Sedangkan *continuous system* adalah suatu sistem di mana variabelnya berubah secara terus menerus serta dipengaruhi oleh waktu. Kecepatan mobil ketika lepas dari *traffic light* adalah contoh sistem bersambung dimana variabelnya yaitu kecepatannya yang berubah secara terus menerus karena dipengaruhi oleh waktu.

#### 2.6.1. Tujuan Simulasi

Tujuan dari metode simulasi adalah untuk melakukan pengamatan dengan menggunakan informasi dari perilaku dan kinerja sistem yang sesungguhnya. Metode simulasi juga bertujuan untuk mendiskripsikan suatu model, mengukur kinerja dan performansi dari sebuah model, serta mengetahui perubahan yang terjadi pada sistem apabila dilakukan perbaikan terhadap model tersebut (Law & Kelton, 2000).

#### 2.6.2. Keuntungan Metode Simulasi

Ada beberapa keuntungan yang didapatkan dengan menggunakan metode simulasi menurut Law dan Kelton (2000) adalah:

1. Simulasi dapat digunakan untuk suatu sistem yang kompleks dan memiliki sifat-sifat stokastik yang sulit dibentuk dengan menggunakan model matematik.
2. Simulasi dapat mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan adanya kesalahan atau kegagalan sebelum dilakukan implementasi ke dalam sistem yang sesungguhnya.
3. Simulasi dapat mengidentifikasi perilaku dari sistem dalam proses pengoperasian yang berbeda-beda.
4. Simulasi dapat digunakan pada sistem yang belum pernah terbentuk atau menganalisa sistem yang ada tanpa mengubah kondisi dari sistem yang ada.
5. Simulasi dapat membandingkan alternatif-alternatif desain sistem dan memilih alternatif yang paling baik untuk digunakan ataupun diimplementasikan.

6. Simulasi dapat melakukan evaluasi sistem dalam jangka waktu yang singkat tersebut.

Adapun keuntungan penggunaan simulasi dibandingkan dengan metode analitis matematis, antara lain:

- Interaksi antar variabel dan parameter yang mencerminkan perilaku dan karakter sistem loading tidak linier. Artinya bahwa waktu kedatangan kapal, set-up time, dan waktu pelayanan memiliki sifat random dan berdistribusi tertentu sehingga cukup rumit bila dimodelkan dengan metode analitis matematis.
- Simulasi memungkinkan untuk mempelajari dan bereksperimen dengan interaksi internal dalam sebuah sistem yang kompleks, dengan merubah input dan observasi terhadap output, dapat diketahui variabel mana yang sangat penting dan bagaimana variabel-variabel tersebut berinteraksi (Banks dkk., 1996).
- Metode analitis matematis membutuhkan tingkat kecakapan dan pengetahuan khusus tentang teori-teori matematika yang harus dipelajari secara khusus
- Simulasi sebagai salah-satu pendekatan eksperimental merupakan alat analisis sistem yang biasa digunakan jika; tidak mungkin melakukan observasi langsung terhadap sistem yang nyata, adanya keterbatasan waktu dan biaya, pemecahan masalah dengan metode analitis matematis tidak dapat dilakukan dan terdapat kesulitan dalam melakukan validasi terhadap model matematis yang menjelaskan perilaku sistem.
- Simulasi lebih cepat dan mudah dalam menjelaskan fenomena yang terjadi akibat perubahan kombinasi pengalokasian peralatan yang digunakan selama aktivitas loading karena dengan simulasi dapat dilakukan beberapa eksperimen sesuai skenario dan tujuan analisis sistem loading tersebut.

Simulasi suatu sistem adalah operasionalisasi model yang mewakili sistem tersebut. Model dapat dikonfigurasi dan dieksperimenkan, tetapi akan sangat mahal dan tidak praktis jika diterapkan langsung ke dalam sistem yang diwakilinya. Operasional suatu model dapat dipelajari, karena itu properti-properti yang berhubungan dengan perilaku sistem nyata dan atau sub-sistemnya dapat diduga dan dijelaskan. Beberapa kegunaan dari simulasi antara lain; merupakan alat untuk mengevaluasi performansi sistem yang ada atau yang akan dibuat dengan berbagai macam konfigurasi yang diinginkan, digunakan sebelum sistem yang ada diubah atau sistem yang baru akan dibuat, untuk mengurangi kesempatan terjadinya kegagalan dalam mencapai spesifikasi yang diinginkan, untuk mengeliminir kemacetan yang tak terduga,

mencegah agar utilisasi dari sumber daya berada pada standar yang diharapkan, dan untuk mengoptimalkan performansi sistem.

#### 2.6.3. Simulasi Kejadian Diskrit

Simulasi kejadian diskrit mengenai pemodelan sistem adalah kejadian yang melampaui waktu yang representatif dimana state (keadaan) variabel berubah seketika dan terpisah per titik waktu. Dalam istilah matematik disebut sebagai sistem yang dapat berubah hanya pada bilangan yang dapat dihitung per titik waktu. Titik waktu disini adalah bentuk kejadian (event) yang terjadi seketika dan dapat merubah keadaan pada sistem. Menurut (Harrel, 2003), simulasi kejadian diskrit adalah simulasi dimana perubahan statusnya terjadi pada titik-titik diskrit dalam waktu yang dipicu oleh kejadian (event). Kejadian (event) yang terjadi dalam selang waktu acak. Ada beberapa kejadian (event) yang biasa terdapat dalam simulasi, yaitu:

- Kedatangan sebuah entitas ke sebuah stasiun kerja (workstation).
- Kegagalan suatu resource.
- Selesaiannya sebuah aktivitas.
- Akhir sebuah shift.

Contoh-contoh simulasi kejadian diskrit, yaitu pada pelayanan kasir di pertokoan (supermarket), teller pada pelayanan nasabah di perbankan dan simulasi pada industri seperti pergudangan atau pelabuhan.

#### 2.6.4. Proses Simulasi

Beberapa langkah yang dilakukan dalam proses simulasi (Law dan Kelton, 2000), adalah:

1. Penentuan batasan dan identifikasi  
Menentukan batasan sistem dan identifikasi variabel yang signifikan.
2. Perencanaan studi  
Data yang dikumpulkan merupakan data dari hasil observasi, baik data sekunder maupun data primer yang digunakan untuk membangun suatu model dari sistem yang akan disimulasikan.
3. Mendefinisikan sistem  
Pada langkah ini dilakukan penjelasan mengenai entitas input yang masuk, jumlah resource, hingga penjelasan mengenai distribusi waktu yang digunakan di dalam sistem.
4. Perancangan model

Merancang model simulasi sesuai dengan bagan-bagan yang telah disediakan pada perangkat lunak simulasi.

5. Verifikasi dan validasi

Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat dapat dijalankan, sedangkan validasi bertujuan untuk memastikan bahwa model telah sesuai dengan kondisi nyata yang ada (Law dan Kelton, 2000). Banks dkk. (1996) menyatakan bahwa toleransi validasi yang digunakan umumnya adalah sebesar 10%. Tingkat toleransi digunakan untuk menunjukkan penyimpangan dari hasil simulasi yang diperoleh terhadap output riil.

6. Perancangan eksperimen

Pembuatan skenario yang digunakan untuk menemukan tata letak perbaikan atau proses penanganan pada sistem (Banks dkk., 1996).

7. Analisis

Analisis hasil simulasi dilakukan setelah proses running program selesai dan laporan hasil simulasi juga telah ditampilkan.

8. Interpretasi model

Proses penarikan kesimpulan dari hasil output model simulasi.

9. Pendokumentasian Penyimpanan hasil output model

#### 2.6.5. Verifikasi dan Validasi Model

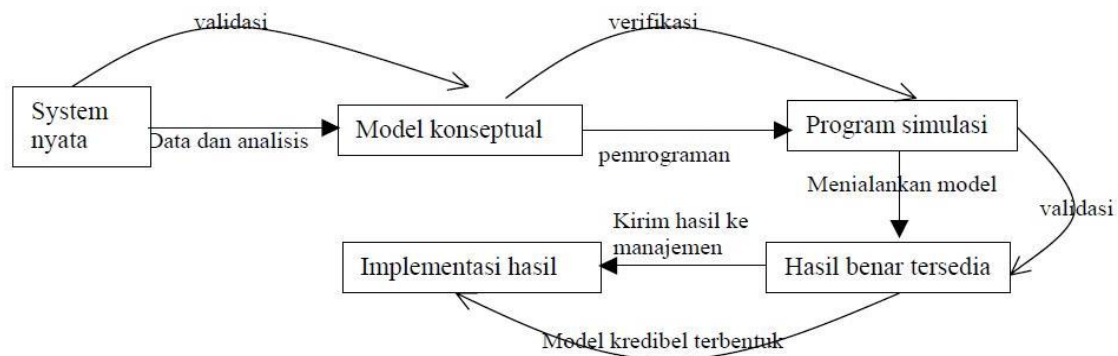
Model simulasi yang dibangun harus kredibel, representasi kredibel sistem nyata oleh model simulasi ditunjukkan dengan verifikasi dan validasi model. Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model sesuai dengan logika diagram alur. Kalimat sederhananya adalah apakah ada kesalahan (*error*) dalam program (Harrel, 2003). Verifikasi model simulasi dapat dilakukan dengan cara memperhatikan beberapa hal, antara lain:

- ✓ Model simulasi dapat di running dan bebas *error*.
- ✓ Hasil output simulasi yang dihasilkan masuk akal
- ✓ Perpindahan entiti secara animasi yang terjadi selama proses simulasi sudah sesuai dengan model konseptual

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi yang berarti dan akurat dari sistem nyata?. Validasi model dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kepercayaan terhadap model yang digunakan untuk menjawab tingkat representasi dari model terhadap keadaan nyata. Validasi dapat dilakukan dengan membandingkan hasil input-output simulasi dengan input-output sistem nyata. Jumlah



trip yang terjadi akan menjadi parameter uji validasi sehingga model simulasi yang dibuat dapat dikatakan valid. Uji validasi memakai toleransi 1% sehingga hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kejadian yang sebenarnya. Jika Persentase kurang dari 1% maka model dapat dikatakan valid begitu pula sebaliknya jika model lebih besar dari 1% maka model simulasi tidak valid. Berikut diagram yang dapat menunjukkan hubungan atau relasi antara verifikasi, validasi dalam pembentukan model:



Sumber: (Law & Kelton, 2000)

Gambar 2.17 Relasi Verifikasi, Validasi dan Pembentukan Model

#### 2.6.6. Penentuan Jumlah Replikasi

Penentuan jumlah replikasi dari sistem dapat dikategorikan menjadi dua kondisi sistem, yaitu:

1. Terminating Condition

Suatu kondisi dimana kita hanya mengamati perilaku dari sebuah sistem pada waktu-waktu tertentu atau waktu operasi yang spesifik.

2. Nonterminating Condition

Suatu kondisi dimana kita mengamati perilaku steady-state dari sebuah sistem yang berjalan secara berlanjut. Dapat juga didefinisikan sebagai suatu kondisi dimana kita lebih tertarik untuk mengamati pola perilaku steady-state dari sistem.

Ada dua tipe estimasi performansi untuk melakukan kondisi sistem :

1. Point Estimates (mean and standard deviation)

Adalah suatu estimasi yang ber-asumsi bahwa  $\bar{X}$  dan  $S$  dari sample sudah mewakili atau sama dengan  $\mu$  dan  $s$  dari populasi. Sehingga pengukuran didasarkan  $\bar{X}$  oleh dan  $S$  dari sample, dimana :

$$\bar{x} = \frac{\sum_i X_i}{n}$$

Persamaan 2-1 Rataan *Point Estimates*

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Xi - X]^2}{n - 1}}$$

Persamaan 2-2 Standar Deviasi *Point Estimates*

## 2. *Interval Estimates (confidence intervals)*

Adalah suatu estimasi yang mencoba untuk mendekati  $\mu$  dari populasi dengan menentukan seberapa jauh point estimate terhadap  $\mu$  yang sebenarnya dengan menggunakan *interval Half-width (hw)* adalah jarak dari masing-masing endpoint hingga.

$$H_w = \frac{\left[ t_{n-1, \alpha/2} \right] s}{\sqrt{n}}$$

Persamaan 2-3 *Half-Width Confidence Intervals*

Dalam menentukan jumlah replikasi ada dua pendekatan yang digunakan sebagai dasarnya, antara lain:

### 1. *Absolute Error ( $\beta$ )*

Adalah banyaknya error yang kita toleransi terjadi dalam sistem tersebut dan dinyatakan dalam bentuk jumlah *error*. Dimana untuk mengetahui jumlah replikasi yang diperlukan dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$n' = \left\lceil \frac{z_{\alpha/2} \times S}{\beta} \right\rceil$$

Persamaan 2-4 Jumlah Replikasi *Absolute Error*

### 2. *Relative Error ( $\gamma$ )*

Adalah besarnya *error* yang kita toleransi terjadi dalam sistem amatan dimana biasanya dinyatakan dalam bentuk prosentase cacat. Dimana untuk mengetahui jumlah replikasi yang memenuhi dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$n' = \left\lceil \left[ \frac{z_{\alpha/2} \times S}{\left( \frac{t_{n-1, \alpha/2} \times S}{\sqrt{n}} \right)} \right]^2 \right\rceil$$

Persamaan 2-5 Jumlah Replikasi *Relative Error*

## 2.7. Antrian

Aktivitas menunggu dalam antrian tidak bisa benar-benar dihilangkan dalam kehidupan, namun berbagai upaya dilakukan untuk dapat mengurangi efek dari menunggu hingga dalam batas yang wajar atau dapat ditoleransi.

Studi tentang antrian berhubungan dengan aktivitas kuantifikasi fenomena menunggu dalam antrian dengan menggunakan ukuran performansi atau kinerja yang representatif, seperti rata-rata panjang antrian, rata-rata waktu tunggu dalam antrian, dan rata-rata utilisasi dari fasilitas. Teori antrian bukan merupakan teknik optimasi, namun lebih merupakan ukuran kinerja dari sistem antrian, yang kemudian dapat digunakan untuk mendesain instalasi fasilitas layanan yang dapat melayani antrian dengan optimal (pada batas yang cukup memuaskan atau dapat ditoleransi). Hasil dari analisis sistem antrian dapat digunakan dalam konteks optimasi biaya, dimana tujuan yang ingin dicapai adalah meminimalkan total dari dua komponen biaya, yaitu biaya melakukan layanan (service) dan biaya menunggu lebih mudah dikuantifikasikan dengan parameter idle time (yang dapat dikonversi ke nilai uang) atau jumlah denda yang dibayarkan atas keterlambatan penyandaran kapal di dermaga.

Aktor utama dalam situasi antrian adalah pelanggan dan server. Saat pelanggan datang di fasilitas service dapat langsung dilayani atau harus menunggu dalam antrian bila server dalam kondisi sibuk melayani pelanggan sebelumnya. Ketika server telah selesai melakukan layanan maka secara otomatis server akan menarik pelanggan yang menunggu dalam antrian (bila ada). Bila tidak ada pelanggan yang menunggu dalam antrian maka server akan idle hingga pelanggan baru datang.

Dari sudut pandang sistem antrian, kedatangan pelanggan direpresentasikan dengan waktu antar kedatangan pelanggan yang berurutan, dan layanan direpresentasikan oleh waktu pelayanan tiap pelanggan. Secara umum waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dapat bersifat probabilistik atau deterministik. Ukuran antrian memainkan peranan penting dalam analisis antrian, dimana ukuran tersebut bisa terbatas (finite) seperti pada buffer area antara 2 mesin yang berurutan dalam lini perakitan, atau tak terbatas (infinite) seperti pada fasilitas pengiriman surat.

Disiplin antrian adalah faktor penting dalam model antrian, karena merepresentasikan urutan dimana pelanggan diseleksi dalam antrian untuk mulai dilayani. Disiplin antrian yang paling umum terjadi adalah *first come, first served* (FCFS) atau yang pertama datang dilayani terlebih dahulu. Selain itu juga terdapat disiplin antrian *last come, first served* (LCFS) atau terakhir datang dilayani terlebih dahulu serta *service in random order* (SIRO) atau pelayanan

dengan sistem acak. Pelanggan juga dapat dilayani berdasarkan urutan prioritas, misalkan pekerjaan penting yang harus didahulukan dikarenakan sifat urgensinya, misalnya pada kecelakaan yang melibatkan korban kritis pada unit gawat darurat rumah sakit. Perilaku mengantri juga memainkan peranan dalam analisis sistem antrian. Pelanggan dapat berpindah-pindah dari satu antrian ke antrian yang lain dengan maksud untuk mengurangi waktu tunggu, pelanggan juga dapat mengantri pada dua antrian sekaligus untuk mengantisipasi waktu tunggu yang lama, pelanggan juga dapat meninggalkan antrian bila dirasa waktu tunggu sudah terlalu lama.

Desain fasilitas layanan dapat berupa *parallel servers* (seperti pada kantor pos atau bank), atau *series* (pada pekerjaan yang dilakukan pada beberapa mesin yang berurutan), serta bisa juga berupa *network* (pada router dalam jaringan komputer). Sumber dimana pelanggan berdatangan bisa merupakan sumber yang *finite* atau *infinite*, seperti pada mesin yang menunggu untuk diservis (*finite*) atau tak terbatas seperti pada telepon yang masuk pada sebuah *call center* (*infinite*). Variasi pada komponen-komponen yang menjadi bagian dari sebuah sistem antrian berdampak pada variasi model antrian.

## 2.8. Pola Distribusi Data

Suatu simulasi tentu di dalamnya terdapat asumsi-asumsi yang berbentuk hubungan matematik dan logika dimana akan membentuk model yang digunakan untuk mendapatkan pemahaman bagaimana perilaku hubungan dari sistem tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan distribusi dalam pemodelan dan simulasi untuk mengetahui pola interaksi dalam bilangan random yang dibangkitkan (Akmal, 2015) Adapun macam-macam distribusi yang digunakan pada program Arena adalah sebagai berikut (Kelton, Sadowski, & Zupick, 2010):

### 1. Erlang

Distribusi Erlang adalah suatu kasus secara khusus yang menyangkut distribusi gamma, dimana parameter bentuk adalah suatu bilangan bulat ( $k$ ). Distribusi Erlang dapat digunakan dalam situasi di mana suatu aktivitas terjadi dalam tahap berurutan dan mempunyai distribusi yang bersifat *exponen*. Distribusi Erlang sering digunakan untuk menghadirkan waktu dan menyelesaikan suatu tugas. Distribusi Erlang dapat dipakai saat kondisi dimana terjadi suatu aktivitas pada fase keberhasilan dengan setiap fase merupakan distribusi *eksponensial*. Pada distribusi ini parameter yang digunakan adalah rata-rata ( $\beta$ ) untuk setiap komponen dengan distribusi *eksponensial*, dan nilai *eksponensial random* variabel ( $k$ ) adalah parameter distribusi, nilai *eksponensial* rata-rata tergolongkan sebagai bilangan nyata positif

*integer* positif. Distribusi ini biasanya digunakan untuk mewakili permintaan waktu untuk menyelesaikan sebuah tugas.

## 2. Exponential

Distribusi Exponential adalah distribusi yang sering digunakan untuk model *inteverent* pada suatu proses kedatangan acak, tetapi umumnya hanya untuk memproses penundaan waktu. Distribusi Exponensial sering digunakan untuk model yang terdapat perbedaan waktu antar kejadian (*interevent times*) pada kedatangan acak dan proses yang berbeda. Model distribusi ini umumnya tidak dapat digunakan pada model yang terdapat jeda waktu (*delay*). Spesifikasi ukuran dari seluruh populasi Beta ( $\beta$ ) sebagai bilangan asli positif.

## 3. Lognormal

Lognormal digunakan pada situasi dimana kuantitas menjadi suatu produk yang berjumlah acak. Distribusi ini berhubungan dengan bilangan normal. Distribusi Lognormal dapat digunakan dalam kondisi dimana terdapat banyak jumlah kuantitas produk dengan jenis random. Distribusi ini berhubungan dengan distribusi normal jika sebuah variabel acak  $X$  adalah distribusi  $\text{Log}(\mu, \sigma)$ , dan hanya jika,  $\text{Ln } x$  mengikuti distribusi normal dengan mean  $\mu$  dan varians  $\sigma$ . Parameter distribusi ini memiliki rata-rata  $\text{LogMean}(\mu > 0)$  dan standar deviasi  $\text{LogStd}(\sigma > 0)$  dari lognormal variabel acak. Baik nilai  $\text{LogMean}$  dan  $\text{LogStd}$  harus terspesifikasi sebagai bilangan asli positif.

## 4. Normal

Distribusi normal adalah distribusi yang digunakan dalam situasi dimana batas pusat digunakan untuk menerapkan penjumlahan yang lain. Distribusi ini juga digunakan untuk pengalaman yang banyak pada suatu proses yang nampak akan mempunyai suatu distribusi *symmetric*, sebab distribusi ini tidak digunakan untuk penjumlahan positif seperti waktu proses. Distribusi Normal digunakan pada situasi dimana teori batas tengah berlaku, pada kondisi ini penyebaran data terbagi secara merata atau simetris dengan satu puncak. Rata-rata distribusi ini terletak di tengah kurva yaitu satu garis dengan puncak kurva. Nilai rata-rata ( $\mu$ ) dispesifikasikan sebagai bilangan asli dan standar deviasi ( $\sigma$ ) dispesifikasikan sebagai bilangan asli positif.

## 5. Uniform

Distribusi uniform adalah distribusi yang digunakan ketika semua nilai-nilai atas suatu cakupan terbatas mungkin dianggap sama. Kadang-kadang tidak digunakan ketika informasi selain dari cakupan sudah tersedia. Distribusi seragam mempunyai suatu perbedaan lebih besar dibandingkan distribusi lain yang digunakan ketika sedang kekurangan informasi (distribusi triangular).

6. Weibull

Distribusi weibull secara luas digunakan di dalam model keandalan untuk menghadirkan suatu alat. Jika satu sistem terdiri dari sejumlah besar komponen yang gagal dengan bebas, dan jika dibanding waktu antara kegagalan berurutan dapat didekati oleh distribusi weibul. Distribusi ini juga digunakan untuk menghadirkan bukan suatu tugas yang negatif kepada yang ditinggalkan. Distribusi Weibull memiliki skala parameter Beta ( $\beta$ ) dan bentuk parameter Alpha ( $\alpha$ ) dispesifikasikan sebagai bilangan asli positif. Pada model ini secara luas digunakan dalam model reabilitas untuk mewakili suatu umur pemakaian dari suatu alat. Jika sistem terdiri dari sejumlah data yang besar dengan bagian yang gagal secara independent dan ketika sistem itu gagal, maka waktu antar kegagalannya berturut-turut diperkirakan distribusi ini adalah distribusi Weibull.

7. Gamma

Distribusi Gamma adalah distribusi yang digunakan untuk menghadirkan waktu dan untuk menyelesaikan beberapa tugas (sebagai contoh, suatu pengerjaan dengan mesin waktu atau pada waktu memperbaiki mesin). Distribusi Gamma digunakan untuk bilangan bulat yang membentuk parameter, distribusi gamma menjadi sama lainnya dengan distribusi Erlang. Distribusi Gamma digunakan pada jenis kejadian yang memiliki parameter integer. Model distribusi ini sering digunakan untuk mewakili jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan beberapa pekerjaan. Jenis distribusi ini memiliki spesifikasi ukuran dari seluruh populasi Beta ( $\beta$ ) dan Alpha ( $\alpha$ ) sebagai bilangan asli positif.

8. Beta

Distribusi Beta banyak digunakan untuk mewakili proporsi acak. Jenis distribusi ini memiliki spesifikasi ukuran dari seluruh populasi Beta ( $\beta$ ) dan Alpha ( $\alpha$ ) sebagai bilangan asli positif. Variabel acak distribusi ini terletak diantara 0 dan 1. Karena kisaran distribusi beta adalah dari 0 sampai 1, Sampel X dapat

ditransformasi ke skala beta sampel  $Y$  dengan range dari  $a$  hingga  $b$  dengan menggunakan  $Y = a + (b - a) X$ .

#### 9. Triangular

Distribusi Triangular digunakan dalam situasi di mana format tepat dari distribusi tidaklah dapat dikenal, yaitu untuk perkiraan yang minimum dan maksimum, dan nilai-nilai hampir bisa dipastikan ada tersedia. Pada distribusi triangular ini akan lebih mudah untuk menggunakan dan menjelaskan dibandingkan distribusi lain yang mungkin digunakan di dalam situasi ini (distribusi beta). Distribusi triangular atau segitiga banyak digunakan pada situasi dimana bentuk pasti dari distribusi tidak dapat diketahui, tetapi dapat di estimasikan sebagai minimum, maksimum, dan data yang tersedia paling banyak. Distribusi segitiga sangat mudah digunakan untuk menjelaskan distribusi lainnya yang mungkin digunakan pada situasi ini. Spesifikasi nilai untuk distribusi ini terdiri dari minimum ( $a$ ), mode ( $m$ ), dan maksimum ( $b$ ) sebagai bilangan asli dengan  $a < m < b$ .

#### 10. Poisson

Distribusi poisson adalah distribusi yang sering digunakan untuk banyaknya model pada peristiwa acak yang terjadi di dalam suatu interval waktu yang telah ditetapkan. Ciri-ciri distribusi *poisson* yaitu banyaknya hasil percobaan yang satu tidak tergantung dari banyaknya hasil percobaan yang lain, probabilitas hasil percobaan sebanding dengan panjang interval waktu, probabilitas lebih dari satu hasil percobaan yang terjadi dalam interval waktu yang singkat dalam daerah yang kecil dapat diabaikan. Distribusi ini juga digunakan untuk model ukuran *batch* acak.

### 2.9. Piranti Lunak (*Software*) Arena

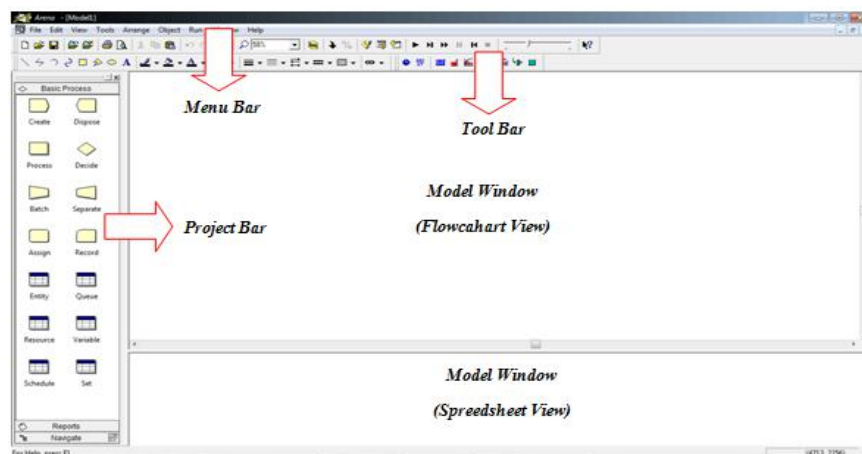
Program arena adalah program simulator yang ditemukan oleh Denis Pegden pada tahun 1984. Program ini menggunakan bahasa pemrograman siman. Bahasa siman adalah salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan pada dunia industri dan merupakan *general purpose simulation language* untuk memodelkan simulasi diskret, kontinyu dan atau kombinasi dari keduanya. Piranti lunak (*software*) ini mempunyai tingkat fleksibilitas yang cukup tinggi sehingga bisa didapatkan data yang mendekati kondisi riil di lapangan. Piranti lunak (*software*) arena juga dilengkapi pendukung analisa statistik yang mampu menentukan distribusi dari suatu data, selain itu juga menganalisis data dan hasil simulasi yang dijalankan

Arena adalah salah satu jenis perangkat lunak (*software*) yang dapat digunakan untuk membuat model dan simulasi dari suatu kondisi nyata dengan mengatur konfigurasi modul-modul yang ada didalamnya, dimana dengan model yang kita buat, dapat membantu kita dalam pengambilan keputusan. Ada beberapa hal yang dapat dilakukan dengan menggunakan Arena, antara lain :

- Memodelkan setiap proses yang terjadi dalam kondisi yang sebenarnya
- Mensimulasikan performa di masa yang mendatang dari sistem pemodelan yang telah kita buat untuk memahami hubungan antar proses dalam sistem
- Memvisualisasikan kondisi operasional dengan animasi dinamis
- Menganalisa bagaimana kinerja sistem berdasarkan konfigurasi dari modul-modul yang telah dibuat dan alternatif-alternatif yang mungkin bisa direalisasikan sehingga dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan yang terbaik.

#### 2.9.1. Tampilan awal *software* Arena

Tampilan awal pada *software* Arena dapat dilihat pada Gambar 2.18, sebagai berikut :



Gambar 2.18 Tampilan awal *software* Arena

##### a. *Menu Bar*

*Menu bar* yang ada di dalam Arena secara umum terdiri dari menu file (untuk manajemen file pengguna), *menu edit*, *view* dan terdapat beberapa menu bar untuk membantu pengerjaan *modeling system* seperti tools, arrange, object dan run.

##### b. *Project Bar*

*Project bar* pada Arena terdiri dari 2 (dua) hal, yaitu :

*Flowchart module* merupakan modul untuk membangun model simulasi dalam arena terdiri dari modul *basic process*, modul *advance transfer* dan modul *advance process*.



*Spreadsheet module* merupakan modul untuk melihat status dari flowchart yang digunakan. Status yang ada didapatkan secara otomatis atau secara manual.

c. *Status Bar*

Merupakan suatu modul dalam Arena yang bertujuan untuk melihat status dari pekerjaan (modul) saat ini seperti kondisi *running model* yang sedang dijalankan.

d. *Tool Bar*

Merupakan suatu window yang berisi daftar perintah yang sering digunakan dan di presentasikan dalam bentuk tombol.

e. *Model Window (flowchart view)*

Window ini merupakan window induk yang melingkupi seluruh lingkungan kerja arena. Fungsi utama window ini adalah sebagai tempat docking bagi modul-modul yang digunakan.

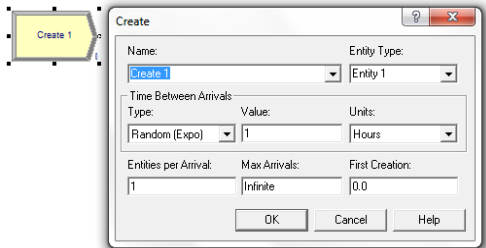
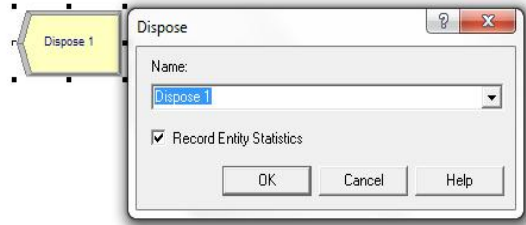
a. *Model Window (spreadsheet view)*





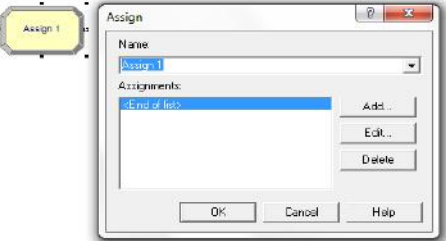

Window ini digunakan untuk melihat data yang terdapat pada modul modul yang digunakan pada *flowchart* modul.

## 2.9.2. Modul Basic Process

*Modul basic process* merupakan modul dasar yang digunakan untuk simulasi, *basic process* ini terdiri dari beberapa modul, yaitu:

Tabel 2.2 Modul *Basic Process*

<p style="text-align: center;"><i>Create</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk menggenerate kedatangan entiti kedalam simulasi</p>	<p style="text-align: center;"><i>Dispose</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk mengeluarkan entity dari sistem</p>
	
<p style="text-align: center;"><i>Process</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk memproses entiti dalam simulasi</p>	<p style="text-align: center;"><i>Decide</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk menentukan keputusan dalam proses</p>

	
<p style="text-align: center;"><i>Batch</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk menggabungkan beberapa entiti/<i>assembly</i></p>	<p style="text-align: center;"><i>Separate</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk membongkar hasil dari modul batch</p>
	
<p style="text-align: center;"><i>Assign</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk memasukkan nilai baru pada variabel, entiti atribut, type, atau variabel lain pada sistem</p>	<p style="text-align: center;"><i>Record</i></p> <p>Modul ini digunakan untuk memunculkan data statistik pada model simulasi</p>
	

## 2.10. Penelitian Sejenis

Berikut ini merupakan rangkuman dari beberapa penelitian terkait model penurunan biaya *demurrage* pada pelabuhan:

Tabel 2.3 Penelitian Terkait Model Penurunan Biaya *Demurrage* pada Pelabuhan

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Deskripsi	Metode	Tahun
1	Rizal, M. Husni	Simulasi Proses Pemuatan Kapal di Pelabuhan PT. Wina Gresik dengan Tujuan	Pada penelitian ini terdapat dua alternatif yang diajukan untuk meminimalkan waktu pemuatan dan demurrage, yaitu penambahan jalur pipa	Simulasi	2015

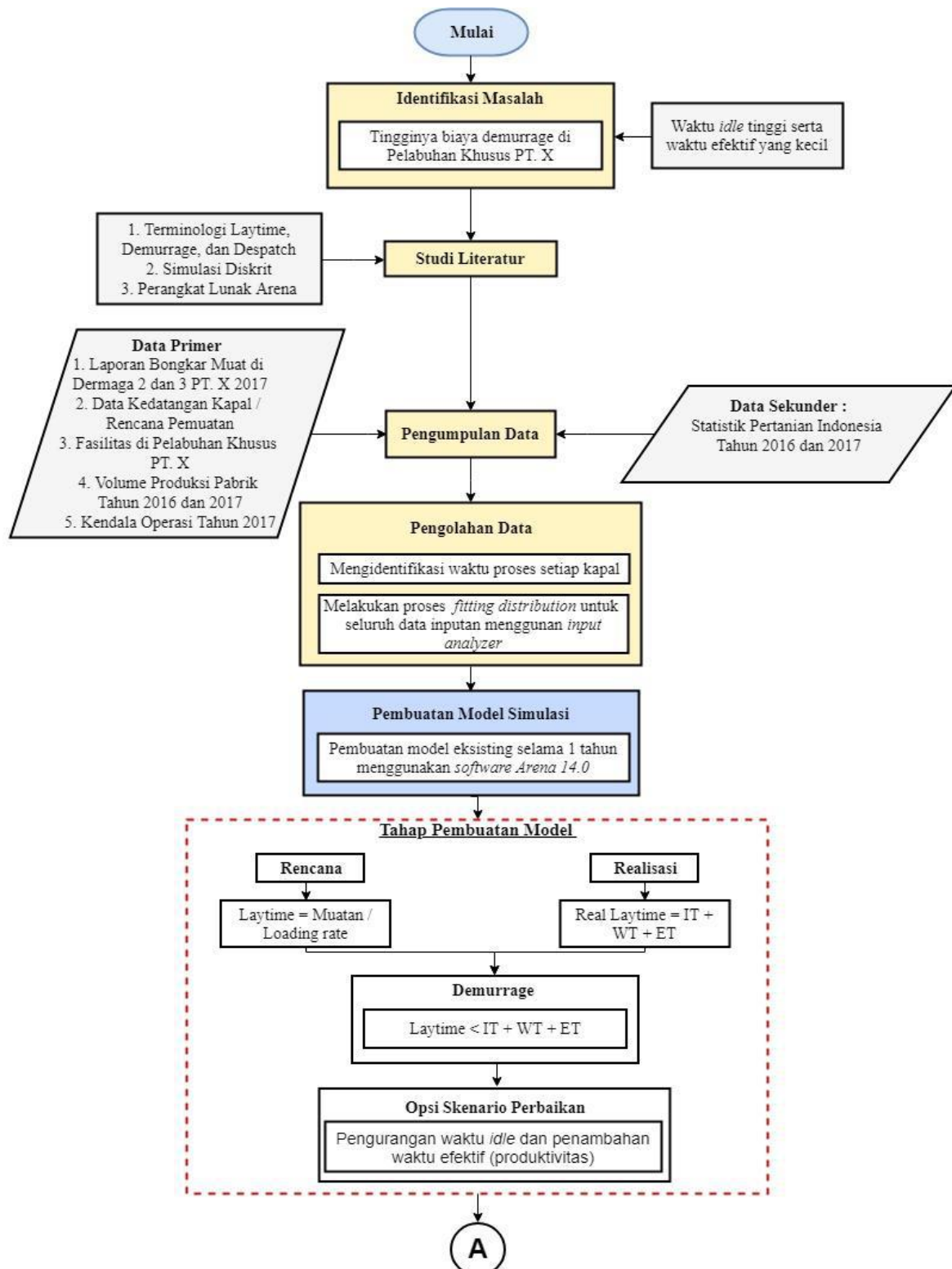
		Mengurangi <i>Demurrage</i>	yang digunakan untuk pemuatan dan pembangunan tangki shipment dengan jarak yang lebih dekat ke dermaga		
2	Lisva, A	Pengembangan Model Simulasi Diskrit untuk Menurunkan <i>Demurrage Cost</i> di Pelabuhan Minyak dan Gas	Pada penelitian ini dikembangkan sebuah model simulasi untuk menurunkan <i>demurrage cost</i> di pelabuhan tersebut dengan mempertimbangkan prioritas antrian.	Simulasi	2017

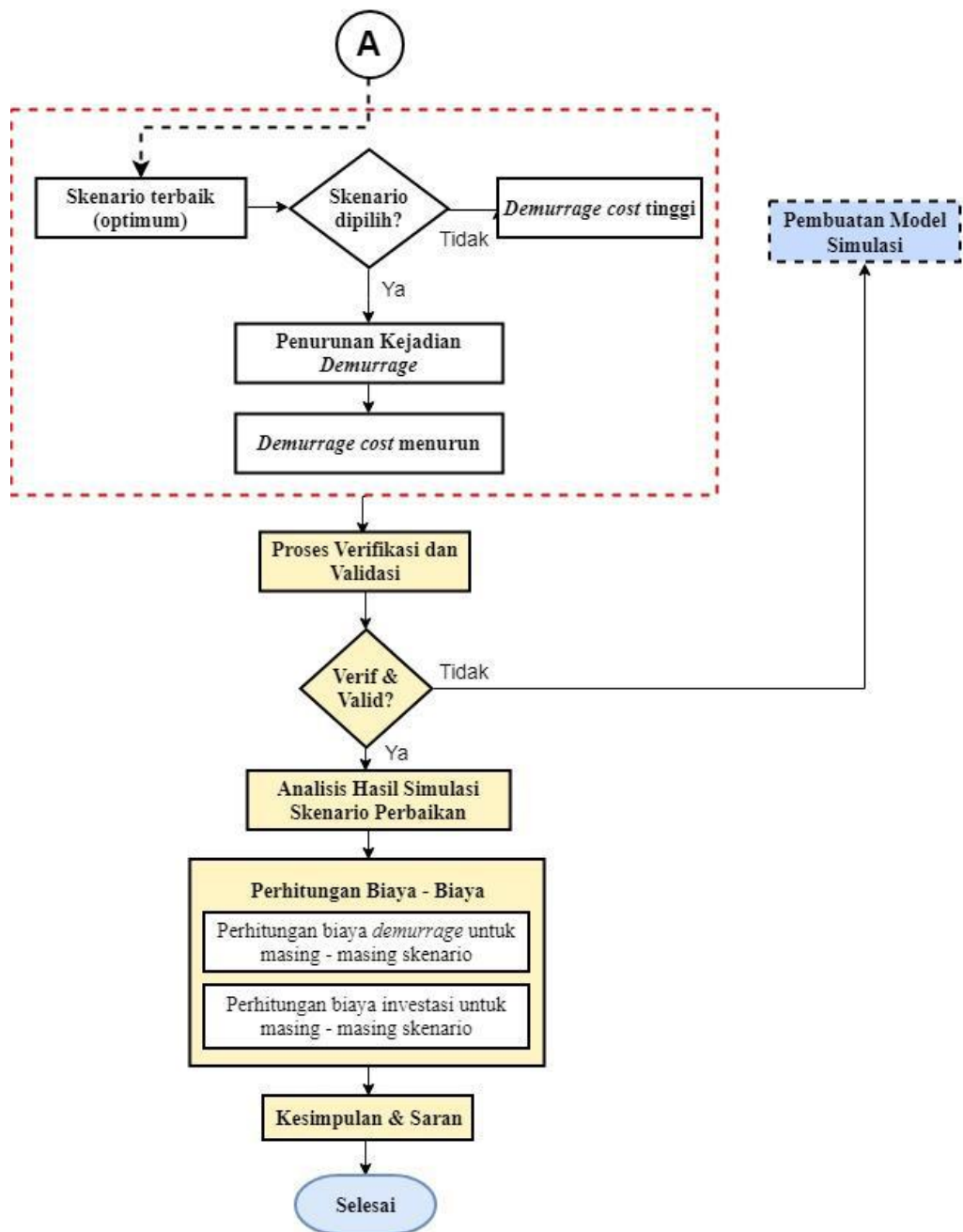


## Bab 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 3.1, sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.2. Tahapan Penelitian

Prosedur dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan dengan beberapa tahapan sesuai dengan diagram alir diatas, yaitu:

### 3.2.1. Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi mengenai permasalahan yang diangkat dalam Tugas Akhir ini. Permasalahan yang timbul adalah tingginya *demurrage cost* yang dibayar oleh Pelabuhan Khusus PT. X.

### 3.2.2. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan tugas ini. Materi-materi yang dijadikan sebagai tinjauan pustaka adalah terminologi laytime, demurrage, dan despatch, lalu definisi pelabuhan khusus, beserta elemennya dan pemodelan sistem, model simulasi beserta verifikasi dan validasi model, serta piranti lunak (*software*) Arena.

### 3.2.3. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan berupa data secara langsung (primer) dan tidak langsung (sekunder). Data primer didapatkan dari hasil pengamatan dan survey di Pelabuhan Khusus PT. X. Data primer yang dibutuhkan meliputi laporan bongkar muat di seluruh dermaga Pelabuhan Khusus PT. X Tahun 2017, Data kedatangan kapal atau rencana pemuatan di tahun 2018, Fasilitas beserta spesifikasi alat bongkar muat di seluruh dermaga PT. X, Volume produksi pabrik di tahun 2016 dan 2017, serta kendala operasional pada tahun 2017. Sedangkan untuk data sekunder didapatkan dari Badan Pusat Statistika (BPS), data tersebut meliputi statistik pertanian Indonesia tahun 2016 dan 2017, serta statistik pupuk Indonesia tahun 2016 dan 2017.

### 3.2.4. Tahap Pengolahan Data

Pada tahap ini data yang telah dikumpulkan diolah lebih lanjut sehingga dapat digunakan sebagai input model simulasi. Pengolahan data bertujuan untuk mencari bentuk distribusi dari data yang ada dan akan digunakan sebagai input untuk membuat model simulasi menggunakan Arena. Input data tersebut antara lain waktu proses setiap kapal serta proyeksi volume produksi di tahun 2018.

### 3.2.5. Tahap Pembuatan Simulasi

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model yang sesuai dan menggambarkan operasional pelabuhan curah kering dengan bantuan *software arena*. Model pertama yang dibuat adalah model eksisting, dimana *demurrage* akan terjadi apabila jumlah total *real laytime* atau waktu *real* kapal sandar lebih lama daripada *laytime* yang ditentukan.

### 3.2.6. Tahap Verifikasi dan Validasi

Pada tahap ini dilakukan verifikasi dan validasi pada model sehingga dapat diketahui apakah model dapat mempresentasikan kondisi nyata di lapangan. Verifikasi dilakukan dengan cara mengecek ulang proses yang dibuat dalam model sudah sesuai dengan sistem nyata dan saat model dijalankan terbebas dari *error*.

### 3.2.7. Tahap Analisis Hasil Simulasi

Pada tahap ini hasil dari simulasi yang didapat akan dianalisis untuk mengetahui berapa jumlah kapal yang akan sandar di Pelabuhan Khusus PT. X, berapa lama waktu tunggu masing – masing kapal, serta waktu bongkar muat untuk masing – masing kapal.

### 3.2.8. Tahap Pembuatan Model Skenario

Tahap pembuatan model skenario adalah pengembangan model awal dengan mengatur penyandaran kapal serta penambahan fasilitas bongkar muat. Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap hasil model skenario tersebut meliputi waktu tunggu kapal serta waktu bongkar muat di Pelabuhan Khusus PT. X.

### 3.2.9. Analisis Hasil Model Skenario

Pada tahap ini adalah menganalisis hasil dari model skenario yang telah didapat dari tahap sebelumnya. Dilakukan perbandingan dari masing – masing hasil skenario, serta menentukan skenario mana yang mampu menurunkan biaya *demurrage* paling banyak.

### 3.2.10. Perhitungan Biaya – Biaya

Pada tahap ini adalah melakukan perhitungan biaya akibat skenario perbaikan yang diusulkan. Yakni membandingkan investasi dari skenario perbaikan yang diusulkan dengan penurunan biaya *demurrage* yang mampu dilakukan untuk masing – masing skenario.

### 3.2.11. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dirangkum hasil analisis yang didapat dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.



## Bab 4. GAMBARAN UMUM PENELITIAN

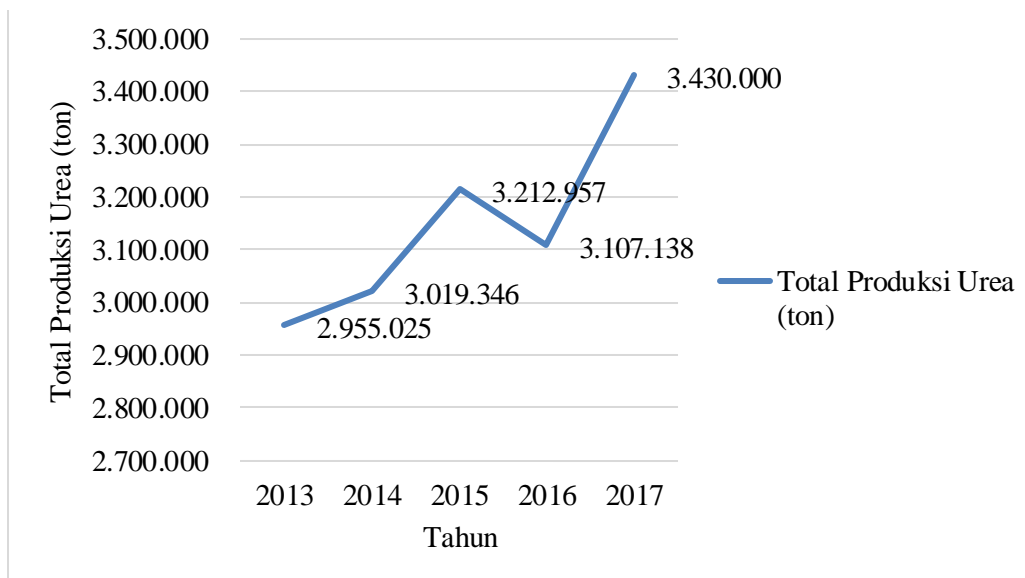
Pada bab ini akan membahas tentang gambaran umum, pengumpulan, serta pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini.

### 4.1. Gambaran Umum Objek Penelitian

Lokasi yang dijadikan studi kasus dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan di salah satu pelabuhan khusus curah kering di Indonesia. Pelabuhan khusus ini merupakan milik salah satu perusahaan produsen pupuk urea terbesar di Indonesia. Saat ini perusahaan ini memiliki kapasitas produksi Urea sebesar 3,43 juta ton per tahun, Amoniak sebesar 2,74 juta ton per tahun dan NPK sebesar 350 ribu ton per tahun.

#### 4.1.1. Hasil Produksi Urea PT. X

Hasil produksi PT. X secara umum setiap tahunnya mengalami peningkatan. Hanya pada tahun 2016 mengalami penurunan sebesar 3%. Besarnya kenaikan produksi berkisar antara 2%-9%, kenaikan produksi terbesar terjadi pada tahun 2017 dimana total produksi urea mencapai 3.430.000 ton. Terdapat kenaikan sebesar 322.862 ton dari tahun 2016 (Gambar 4.1).



Sumber: Laporan tahunan PT.X tahun diolah kembali

Gambar 4.1 Grafik Total Produksi Urea PT. X Tahun 2013 - 2017

#### 4.1.2. Lokasi pelabuhan khusus PT. X



Sumber: [www.google.com/maps](http://www.google.com/maps)

Gambar 4.2 Pelabuhan Khusus Curah Kering Milik PT. X

Pelabuhan di PT.X ini merupakan pelabuhan khusus yang hanya melayani kegiatan yang berhubungan dengan proses produksi perusahaan, pelabuhan ini beroperasi selama 24 jam setiap hari dalam satu tahun.

## 4.2. Fasilitas Pelabuhan PT Petrokimia Gresik

### 4.2.1. Dermaga

PT.X ini memiliki 7 buah terminal yakni dermaga 1 (Konstruksi jetty), dermaga 2 (Bulk ship loader), dermaga 3 (quadrant arm loader), dermaga 4 (tursina), dermaga 6 (ammonia jetty), dermaga 7 (KPI jetty), dan dermaga 8 (coal boiler jetty). Namun yang menjadi fokus utama penelitian ini adalah 2 dermaga, yakni dermaga 2 (bulk ship loader) dan dermaga 3 (quadrant arm loader). Dan berikut merupakan layout terminal khusus PT.X tersebut.





*Sumber: Dokumentasi Survey*

Gambar 4.4 Kondisi dermaga 2 (*Bulk Ship Loader*) PT. X

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa bentuk dari dermaga adalah *quay wall side* atau memanjang. Dimana terdapat 2 alat yang sekaligus sebagai penanda bahwa dermaga ini memiliki 2 tambatan.



*Sumber: Dokumentasi Survey*

Gambar 4.5 Kondisi Dermaga 3 (*Quadrant Arm Loader*), PT. X

Sedangkan pada dermaga Quadrant Arm Loader (QAL) bentuknya adalah *jetty* yang hanya mampu disandari oleh satu kapal saja. Alat yang berada disana hanya 1 yakni *Arm loader*.



#### 4.2.2. Peralatan Bongkar Muat



*Bulk Ship Loader*



*Quadrant Arm Loader*

*Sumber: Dokumentasi Survey*

Gambar 4.6 Peralatan Bongkar Muat Pelabuhan PT. X

Untuk membantu kegiatan bongkar muat di pelabuhan, diperlukan peralatan bongkar muat yang sesuai dengan jenis muatan. Pelabuhan PT. X memiliki beberapa peralatan bongkar muat untuk jenis muatan curah kering, antara lain: *BSL (Bulk Ship Unloader)*, dan *Quadrant Arm Loader* yang ditunjukkan oleh Gambar 4.6 di atas. Masing-masing peralatan di atas memiliki kapasitas bongkar muat yang berbeda antara 800-1000 ton per jam. Tabel 4.2 di bawah ini menunjukkan kapasitas bongkar muat tiap jenis alat bongkar muat yang dioperasikan di pelabuhan PT. X:

Tabel 4.2 Jenis dan Spesifikasi Peralatan Bongkar Muat

No	Spesifikasi		Quadrant Arm Loader				Bulk Ship Loader			
1	Merk	:	Chiyoda				Siwertell			
2	Kecepatan b/m	:	1.000	ton/hour		800	ton/hour			
3	Speed & motor									
	Conveyor	:	120	m/min	75	kw	120	m/min	75	kw
	Shuttle	:	10	m/min	75	kw x2	10	m/min	75	kw x2
	Luffing Max	:	7	m/min	45	kw	7	m/min	45	kw
	Slewing	:	10	m/min	7.5	kw x4	10	m/min	7.5	kw x4
	Hoisting Telesopic chute	:	5	m/min	3.7	kw	5	m/min	3.7	kw
4	Power	:	AC 380 V 50 HZ 3ø				AC 380 V 50 HZ 3ø			

*Sumber: Pelabuhan PT. X diolah kembali*

#### 4.2.3. Gudang

Untuk menyimpan hasil produksi perusahaan dan bahan baku produksi PT. X memiliki fasilitas pergudangan yang terletak di dalam area pelabuhan. Untuk muatan urea curah terdapat

6 (enam) gudang dengan kapasitas tampung yang bervariasi berkisar antara 35,000-100,000 ton, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.3 sebagai berikut:

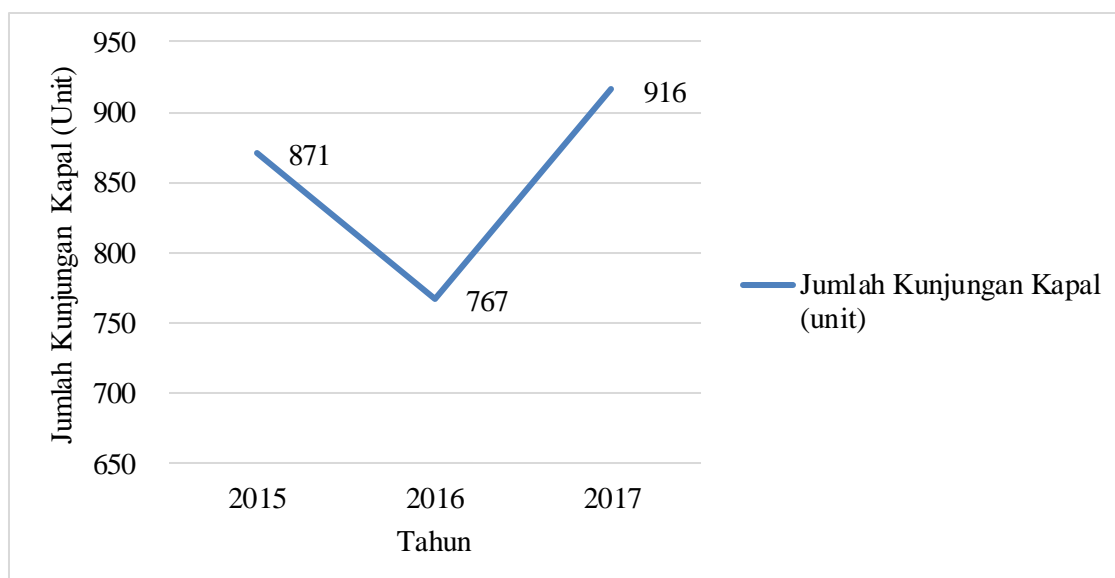
Tabel 4.3 Kapasitas Gudang (*Urea Bulk Storage*) di PT. X

Kapasitas Gudang		
<b>UBS - 1</b>	35.000	ton
<b>UBS - 2</b>	35.000	ton
<b>UBS - 3</b>	45.000	ton
<b>UBS - 4</b>	40.000	ton
<b>UBS - 5</b>	60.000	ton
<b>UBS - 6</b>	100.000	ton
<b>Total Kapasitas</b>	<b>315.000</b>	<b>ton</b>

Sumber: Pelabuhan PT. X diolah kembali

Untuk gudang lebih sering difungsikan sebagai tempat penyimpanan hasil produksi, yakni urea dalam bentuk curah maupun dalam karung. Total kapasitas gudang yang dimiliki PT. X saat ini adalah 315.000 ton.

#### 4.3. Jumlah Kunjungan Kapal



Sumber: Pelabuhan PT. X diolah kembali

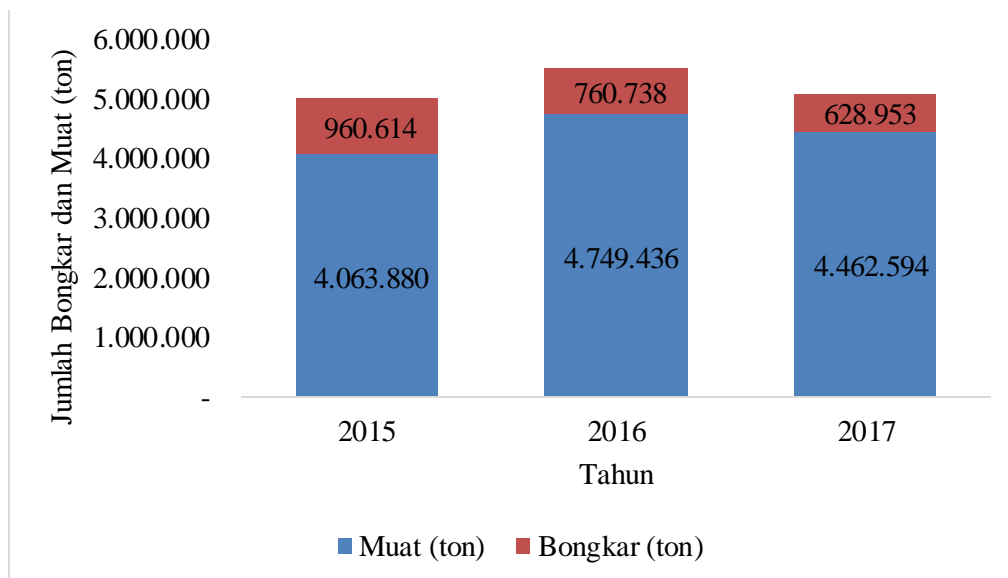
Gambar 4.7 Jumlah Kunjungan Kapal Pelabuhan PT. X Tahun 2015 - 2017

Kegiatan bongkar muat di pelabuhan khusus PT. X mengalami fluktuasi, begitu pula pada jumlah kunjungan kapal. Pada tahun 2015 jumlah kunjungan kapal adalah 871 kali, sedangkan tahun 2016 terjadi penurunan sebesar 12% sehingga jumlah kunjungan kapalnya menjadi 767 kali, dan pada tahun 2017 terjadi kenaikan sebesar 16% sehingga jumlah kunjungan kapalnya adalah 916 kali (Gambar 4.7).

Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya fluktuasi tersebut adalah kapal-kapal yang datang pada tahun 2016 memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan tahun-tahun lainnya. Sedangkan pada tahun 2017 kapal-kapal yang datang memiliki ukuran yang lebih kecil. Kenaikan jumlah kunjungan kapal pada tahun 2016 ke 2017 ini berkebalikan dengan penurunan total bongkar muat yang terjadi pada tahun 2016 ke 2017.

#### 4.4. Kegiatan Bongkar Muat

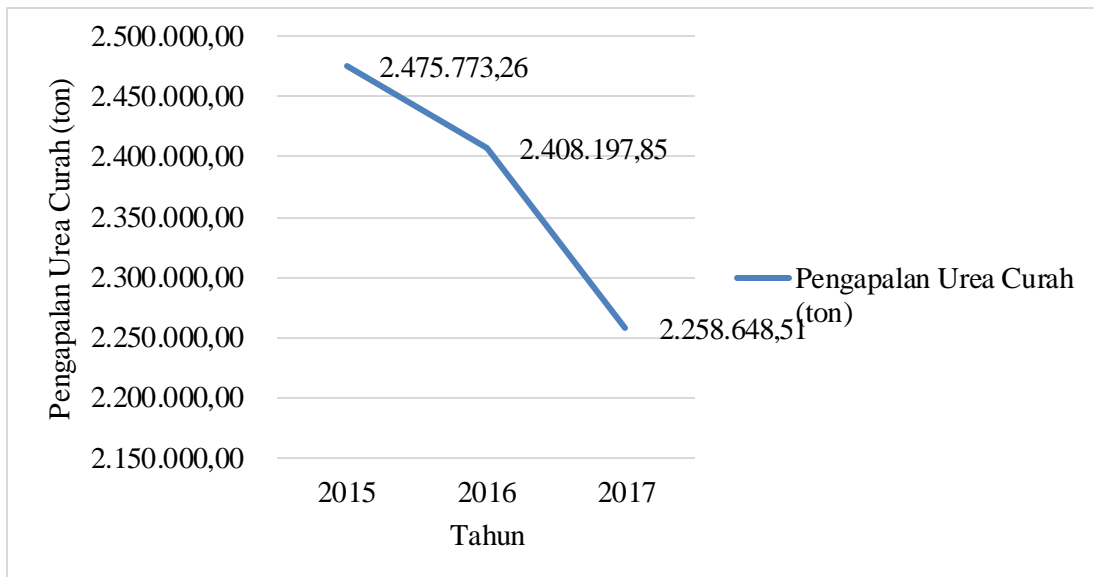
Sama halnya dengan pelabuhan pada umumnya, kegiatan utama dari pelabuhan PT. X adalah kegiatan bongkar dan muat barang. Kegiatan bongkar untuk bahan baku produksi dan kegiatan muat untuk bahan hasil produksi, kegiatan bongkar muat tersebut dibantu dengan alat-alat bongkar muat yang dimiliki oleh pelabuhan.



Sumber: Pelabuhan PT. X diolah kembali

Gambar 4.8 Total Bongkar Muat Pengapalan PT. X 2015 - 2017

Pada Gambar 4.8 diatas dapat terlihat bahwa terjadi fluktuasi pada kegiatan bongkar muat di pelabuhan PT. X. Jumlah total bongkar muat pada tahun 2015 sebesar 5,575,137 ton, sedangkan pada tahun 2016 dan 2017 jumlah total bongkar muat masing-masing adalah 5,510,173 ton dan 5,091,547 ton. Terjadi peningkatan sebesar 9.7% pada tahun 2016 dan penurunan sebesar 7.6% pada tahun 2017. Fluktuasi tersebut disebabkan oleh beberapa kendala internal perusahaan. Sedangkan dibawah ini merupakan jumlah bongkar muat untuk dermaga QAL dan BSL.



Sumber: Pelabuhan PT. X diolah kembali

Gambar 4.9 Pengapalan Urea Curah di Dermaga QAL dan BSL Tahun 2015 – 2017

Pada Gambar 4.8 diatas dapat terlihat bahwa terjadi fluktuasi pada pengapalan urea curah di pelabuhan PT. X. Pada gambar diatas secara kuantitas terdapat penurunan dari tahun 2015 hingga 2017 masing – masing sebesar 67.575,41 ton pada tahun 2016 dan 149.549,34 ton pada tahun 2017. Terjadi penurunan masing – masing 3% pada tahun 2016 dan 6% pada tahun 2017. Penurunan ini juga disebabkan oleh kendala internal dan eksternal perusahaan.

#### 4.4.1. Waktu Muat

Lamanya waktu bongkar muat di pelabuhan akan dipengaruhi oleh jumlah muatan yang dibawa oleh kapal dan kecepatan peralatan bongkar muat yang dimiliki oleh pelabuhan tersebut. Berdasarkan data operasional Pelabuhan PT. X pada tahun 2017 dapat diketahui waktu efektif muat dari masing – masing kapal serta dermaga.

Tabel 4.4 Waktu bongkar muat tiap dermaga (jam)

No	Nama	Bendera	ET (jam)	ET Perhitungan (jam)	Deviasi (jam)
1	KM. AZZAHRA	RI	93,00	30,00	63,00
2	MV. UNISON STAR	HONGKONG	57,02	28,13	28,89
3	MV. THANH BA	VIETNAM	19,63	8,24	11,39
4	MV. VIEN DONG 5	VIETNAM	19,25	7,09	12,16
5	MV. NEW CREATION	PANAMA	75,63	39,85	35,78
6	KM. GOLDEN OCEAN	RI	75,63	22,75	52,89
7	MV. MY HUNG	VIETNAM	18,75	6,78	11,97
8	MV. INTER GRACE	KOREA	14,50	8,24	6,26
9	KM. BERKAH 36	RI	65,25	20,23	45,02
10	MV. LAN HA	VIETNAM	30,67	15,69	14,98

Sumber: Pelabuhan PT. X diolah kembali



#### 4.4.2. Waktu *Not Operating Time*

Waktu *Not Operating time* adalah waktu menunggu yang sudah diprediksikan sebelumnya. Dalam waktu NOT ini terdapat komponen waktu sandar, persiapan alat muat, *draft survey*, *mooring unmooring*, serta pengecekan palkah. Dalam penelitian ini penulis membagi 2 jenis NOT yakni NOT di awal dan NOT di akhir. Berikut merupakan data NOT kapal di Pelabuhan PT. X 2017.

Tabel 4.5 Contoh Data NOT Kapal PT. X Tahun 2017

No	Nama Kapal	Bendera	Dermaga	WT (jam)	AT awal (jam)	NOT awal (jam)	NOT-3 (jam)
1	KM. AZZAHRA	RI	DERMAGA QAL	53,50	0,70	8,83	5,83
2	MV. UNISON STAR	HONGKONG	DERMAGA BSL	277,10	2,23	11,25	8,25
3	MV. THANH BA	VIETNAM	DERMAGA BSL	63,42	1,25	7,67	4,67
4	MV. VIEN DONG 5	VIETNAM	DERMAGA BSL	148,60	1,60	5,88	2,88
5	MV. NEW CREATION	PANAMA	DERMAGA BSL	231,70	2,50	15,42	12,42
6	KM. GOLDEN OCEAN	RI	DERMAGA QAL	252,50	1,17	3,33	0,33
7	MV. MY HUNG	VIETNAM	DERMAGA BSL	8,17	2,50	5,67	2,67
8	MV. INTER GRACE	KOREA	DERMAGA BSL	56,62	1,80	4,50	1,50
9	KM. BERKAH 36	RI	DERMAGA QAL	66,50	0,75	3,42	0,42
10	MV. LAN HA	VIETNAM	DERMAGA BSL	388,00	1,50	5,17	2,17

Sumber: PT. X diolah kembali

#### 4.4.3. Waktu *Idle Time*

Waktu *idle* merupakan waktu menunggu yang tidak diprediksi sebelumnya serta merupakan waktu yang tidak diharapkan terjadi karena menghambat proses bongkar muat di pelabuhan. Di dalam kasus ini waktu *idle* terbagi menjadi beberapa komponen. IT karena cuaca dan bukan karena cuaca. Dikarenakan untuk perhitungan *demurrage* cuaca termasuk kedalam *first major* sehingga tidak dimasukkan kedalam perhitungan biaya *demurrage*. Maka IT yang akan dibahas disini adalah IT non cuaca yakni dikarenakan menunggu alat rusak, kegiatan *shifting* kapal, kegiatan perataan muatan (*trimming*), serta menunggu muatan. Berikut adalah contoh data *idle time*.

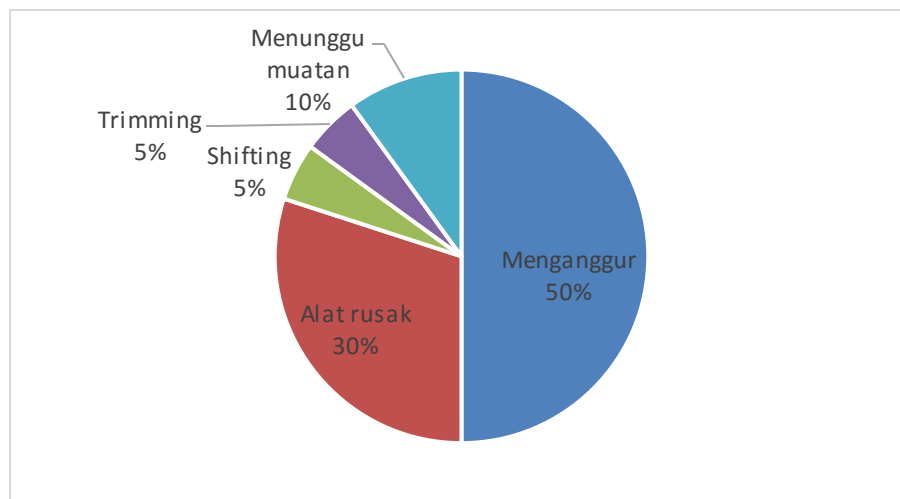
Tabel 4.6 Waktu *Idle Time* Kapal

No	Nama	IT NGANGGUR (jam)	IT CUACA (jam)	IT Alat (jam)	IT Shifting (jam)	IT Trimming (jam)	IT Pindah Palkah (jam)	IT nunggu muatan (jam)
1	KM. AZZAHRA	88,75	192,17	37,75	3,50	2,17	0,00	0,00
2	MV. UNISON STAR	21,43	76,70	0,00	2,00	7,52	2,75	0,00
3	MV. THANH BA	31,45	90,67	0,00	3,00	0,50	10,25	0,00
4	MV. VIEN DONG 5	17,77	91,98	1,42	0,00	6,75	3,75	0,00

No	Nama	IT NGANGGUR (jam)	IT CUACA (jam)	IT Alat (jam)	IT Shifting (jam)	IT Trimming (jam)	IT Pindah Palkah (jam)	IT nunggu muatan (jam)
5	MV. NEW CREATION	51,73	93,55	12,75	0,67	9,25	6,58	0,00
6	KM. GOLDEN OCEAN	34,95	41,83	10,00	2,33	0,00	0,00	0,00
7	MV. MY HUNG	11,83	0,00	0,00	0,00	1,50	8,92	0,00
8	MV. INTER GRACE	36,67	12,00	0,00	0,00	0,00	4,92	0,00
9	KM. BERKAH 36	35,33	42,50	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00
10	MV. LAN HA	3,33	42,75	0,83	0,00	3,67	5,92	7,42

Sumber: PT. X diolah kembali

Presentase dari masing – masing komponen IT non cuaca dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.10 Presentase IT Non Cuaca

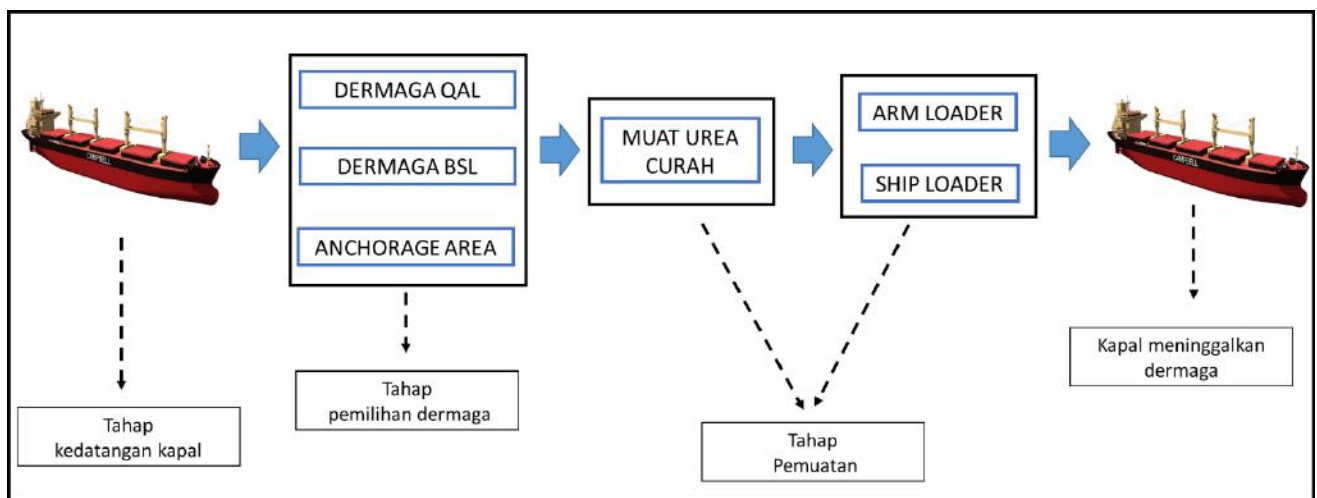
Dapat dilihat di gambar bahwa komponen terbesar IT non cuaca adalah waktu menganggur atau waktu tanpa kegiatan apapun, kemudian disusul IT dikarenakan alat rusak sebesar 30%, kemudian IT dikarenakan menunggu muatan sebesar 10%, serta *shifting* dan *trimming* masing – masing 5%.

## Bab 5. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Model Konseptual Operasional Pelabuhan

Sebelum membuat sebuah model hal yang perlu diketahui dan diperhatikan adalah proses bisnis atau kegiatan yang ada pada sistem yang akan dimodelkan, sehingga akan didapat model yang sesuai dengan kondisi nyata. Proses yang terdapat pada pelabuhan curah kering pelabuhan khusus PT. X (Gambar 5.1), secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 4 (empat) tahapan, yaitu:

1. Tahap kedatangan kapal
2. Tahap pemilihan dermaga
3. Tahap proses muat
4. Tahap kapal meninggalkan pelabuhan



Gambar 5.1 Tahapan Proses Bisnis Pada Pelabuhan PT. X

Didalam model pelabuhan PT. X ini nanti juga akan menghitung banyak serta lamanya kapal yang mengalami *demurrage*. Setiap kapal yang datang memiliki *laytime* atau batas waktu sandar selama berada di Pelabuhan PT. X. Kapal dikatakan mengalami *demurrage* apabila waktu realisasi sandarnya melebihi *laytime allowed* atau *laytime* yang telah ditetapkan. Untuk menentukan lama *laytime* dari masing – masing kapal, perusahaan menggunakan angka *loading rate* per hari dimana angka tersebut merupakan kontrak perusahaan sebagai pemilik barang sekaligus operator pelabuhan dengan agen pelayaran. Berikut merupakan besarnya *loading rate* yang dibagi berdasarkan jenis pelayarannya:

Tabel 5.1 Loading Rate Berdasarkan Jenis Pelayaran

Jenis Pelayaran	Loading rate	Satuan	Keterangan
<b>Ekspor</b>	4000	ton/hari	PWWD SSHEXUU
<b>Lokal</b>	5000	ton/hari	PWWD SSHEXUU

Sumber : PT. X diolah kembali

Untuk kapal ekspor *loading rate* yang ditetapkan perusahaan sebesar 4,000 ton/hari sedangkan untuk kapal domestik *loading rate* yang ditetapkan perusahaan sebesar 5,000 ton/hari. Diatas disebutkan istilah “PWWD SSHEXUU” dimana secara terminologi berdasarkan *Chartering : abbreviation and meaning* adalah “*per weather working day Saturday Sunday excluded unless use*”. Dimana artinya adalah *loading rate* tersebut dihitung berdasarkan hari kerja aktif, dimana hari Sabtu, Minggu, dan hari libur tidak termasuk kedalam perhitungan *laytime*, kecuali digunakan. Pada kondisi eksisting, Pelabuhan PT. X ini bekerja 24 jam penuh, sehingga hari Sabtu, Minggu, serta hari libur termasuk kedalam perhitungan *laytime* dan *demurrage*.

## 5.2. Inputan Model Simulasi

Sebelum membuat model simulasi, terlebih dahulu perlu diketahui inputan yang akan digunakan dalam model simulasi tersebut, sehingga model simulasi dapat menggambarkan kondisi nyata operasional pelabuhan curah kering PT. X.

### 5.2.1. Data dan Analisa Inputan Simulasi

Data inputan simulasi adalah data yang akan digunakan dalam proses pembuatan model simulasi, data ini didapatkan dari hasil kunjungan ke objek penelitian. Data yang dimasukkan merupakan data selama 1 (satu) tahun yakni pada tahun 2017 di Pelabuhan PT. X. Data yang dimaksud dapat berupa data primer maupun sekunder, antara lain:

- ✓ Data waktu kedatangan kapal
- ✓ Data DWT kapal
- ✓ Data jumlah muatan kapal
- ✓ Data waktu NOT dan IT kapal
- ✓ Data kecepatan bongkar muat pelabuhan

Setelah data inputan simulasi ditentukan, maka dilakukan analisis terhadap data inputan tersebut dengan *input analyzer*, yaitu sebuah program di dalam *software Arena* yang berfungsi untuk mengetahui jenis distribusi dari sebuah data. Distribusi yang digunakan sebagai inputan simulasi adalah jenis distribusi dengan nilai *chi square test* terkecil.

### 5.2.2. Inputan Entitas

Inputan entitas terdiri dari waktu interval kedatangan kapal di pelabuhan PT. X. Entitas tersebut datang dengan disertai beberapa atribut, antara lain: klasifikasi ukuran, panjang kapal, dan jumlah muatan. Entitas dibagi berdasarkan besarnya ukuran DWT kapal dan penulis membagi klasifikasi ukuran tersebut menjadi 14 klasifikasi ukuran. Detail pembagian klasifikasi ukuran serta distribusi panjang kapal dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.2 Klasifikasi Ukuran Entitas dan Distribusi Panjang Kapal

No	Klasifikasi Ukuran	Ukuran DWT (ton)	Panjang Kapal (m)		
			Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	1	3400-3566	Beta	$83 + 9 * \text{BETA}(0.546, 0.21)$	0,1197
2	2	4122-4375	Beta	$90 + 11 * \text{BETA}(0.456, 0.619)$	0,0454
3	3	5088-5360	Beta	$91 + 15 * \text{BETA}(0.0988, 0.032)$	0,0439
4	4	6457-6830	Triangular	TRIA(98, 104, 109)	0,1803
5	5	7060-7921	Triangular	TRIA(90, 99.9, 123)	0,0804
6	6	8143-8924	Lognormal	$99 + \text{LOGN}(4.25, 5.33)$	0,0898
7	7	11161-11196	Beta	$114 + 1.87 * \text{BETA}(0.264, 0.264)$	0,1486
8	8	12217-13394	Beta	$120 + 17 * \text{BETA}(0.319, 0.296)$	0,0835
9	9	22500-23796	Beta	$153 + 6 * \text{BETA}(0.585, 0.187)$	0,2054
10	10	26650-28849	Weibull	$164 + \text{WEIB}(3.47, 0.354)$	0,0842
11	11	35283-38190	Weibull	$164 + \text{WEIB}(0.224, 0.217)$	0,0739
12	12	42842-43598	Beta	$185 + 4.16 * \text{BETA}(0.803, 0.511)$	0,1392
13	13	45734-48183	Beta	$185 + 4.31 * \text{BETA}(0.556, 0.87)$	0,1107
14	14	53125	-	189.39.00	-

Sumber: PT. X diolah kembali

Dibawah ini merupakan distribusi atribut interval kedatangan kapal di Pelabuhan PT. X pada Tabel 5.3, sebagai berikut:

Tabel 5.3 Distribusi Interval Kedatangan Kapal

No	Klasifikasi Ukuran	Jenis Distribusi	Interval Kedatangan (jam)	
			Persamaan	Square Error
1	1	Uniform	UNIF(497, 2.04e+003)	0,1600
2	2	Exponential	$480 + \text{EXPO}(329)$	0,1500
3	3	Normal	NORM(636, 460)	0,0492
4	4	Exponential	$3 + \text{EXPO}(469)$	0,0547
5	5	Exponential	$81 + \text{EXPO}(453)$	0,0089
6	6	Exponential	$74 + \text{EXPO}(476)$	0,0068
7	7	Exponential	$144 + \text{EXPO}(515)$	0,0301
8	8	Exponential	$85 + \text{EXPO}(1.06e+003)$	0,0464
9	9	Uniform	UNIF(490, 1.9e+003)	0,0000
10	10	Exponential	$143 + \text{EXPO}(722)$	0,0322

No	Klasifikasi Ukuran	Interval Kedatangan (jam)		Square Error
		Jenis Distribusi	Persamaan	
11	11	Uniform	UNIF(34, 1.26e+003)	0,0356
12	12	Uniform	UNIF(214, 1.98e+003)	0,0346
13	13	Uniform	UNIF(57, 1.47e+003)	0,0200
14	14	Beta	$517 + 4.64e+003 * \text{BETA}(0.112, 0.112)$	0,2105

Sumber : PT. X diolah kembali

Dibawah ini merupakan distribusi atribut jumlah muatan kapal yang dibawa masing – masing klasifikasi kapal di Pelabuhan PT. X pada tabel dibawah ini:

Tabel 5.4 Distribusi Jumlah Muatan

No	Klasifikasi Ukuran	Jumlah Muatan (ton)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	1	Beta	$3.01e+003 + 263 * \text{BETA}(0.419, 0.383)$	0,1292
2	2	Weibull	$2.71e+003 + \text{WEIB}(614, 0.597)$	0,0278
3	3	Normal	$\text{NORM}(4.32e+003, 373)$	0,0870
4	4	Normal	$\text{NORM}(5.48e+003, 350)$	0,1317
5	5	Beta	$5.72e+003 + 1.29e+003 * \text{BETA}(0.907, 0.786)$	0,0084
6	6	Triangular	$\text{TRIA}(5.96e+003, 6.62e+003, 8.18e+003)$	0,2309
7	7	Beta	$7.83e+003 + 1.11e+003 * \text{BETA}(0.849, 0.937)$	0,0063
8	8	Normal	$\text{NORM}(1.08e+004, 2.05e+003)$	0,1394
9	9	Uniform	$\text{UNIF}(1.98e+004, 2.27e+004)$	0,0222
10	10	Uniform	$\text{UNIF}(1.89e+004, 2.67e+004)$	0,0600
11	11	Triangular	$\text{TRIA}(2.21e+004, 3e+004, 3.34e+004)$	0,0765
12	12	Beta	$3e+004 + 9.16e+003 * \text{BETA}(0.338, 0.265)$	0,1936
13	13	Beta	$2.45e+004 + 1.8e+004 * \text{BETA}(1.06, 0.636)$	0,0046
14	14	Beta	$2.5e+004 + 2.08e+004 * \text{BETA}(0.138, 0.12)$	0,2434

Sumber : PT. X diolah kembali

### 5.2.3. Inputan Proses

Inputan proses merupakan waktu layanan yang diterima oleh kapal setelah kapal sandar di dermaga, proses yang dilalui oleh kapal tersebut antara lain: proses *final draft survey* serta pengecekan muatan oleh pihak ketiga atau surveyor untuk memastikan jumlah muatan yang akan dimuat, proses muat dengan peralatan bongkar muat yang dimiliki pelabuhan, proses *idle* yang disebabkan oleh kapal menunggu muatan, *trimming cargo*, serta menunggu perbaikan alat rusak, dan yang terakhir *final draft survey* serta proses pengecekan akhir muatan untuk

memastikan bahwa jumlah muatan yang dimuat sudah sesuai. Lama proses bongkar atau muat bergantung pada masing-masing alat yang digunakan.

Tabel 5.5 Kecepatan Alat Bongkar Muat Nyata

Alat Bongkar Muat	Kecepatan	Satuan	Jumlah
Quadrant Arm Loader	1000	ton/jam	1
Bulk Ship Loader	800	ton/jam	2

Sumber : PT. X diolah kembali

Proses yang akan dilalui oleh kapal akan menentukan lamanya waktu sandar kapal. Waktu sandar sendiri merupakan total waktu yang dibutuhkan oleh kapal untuk melakukan proses bongkar atau muat kapal serta pelayanan lain di pelabuhan. Secara hakekatnya waktu muat didapatkan dari pembagian antara jumlah muatan dengan produktivitas alat dari masing – masing dermaga. Namun pada kenyataannya karena performa alat yang semakin menurun karena faktor usia terdapat deviasi antara waktu ET yang seharusnya dengan waktu ET realita. Berikut merupakan deviasi waktu ET tersebut yang akan dimasukkan sebagai inputan pada proses muat:

Tabel 5.6 Distribusi Deviasi ET pada Dermaga QAL dan BSL

No	Klasifikasi Ukuran	Deviasi ET di Dermaga QAL (jam)			Deviasi ET di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	1	Beta	$(8.58 + 4.91 * \text{BETA}(0.618, 0.596))$	0,1507	Beta	$(5 + 4.65 * \text{BETA}(0.683, 0.646))$	0,1017
2	2	Beta	$(4.32 + 0.1 * \text{BETA}(0.647, 0.647))$	0,1700	Beta	$(3 + 2.8 * \text{BETA}(0.639, 0.68))$	0,1175
3	3	-	13,31	-	Lognormal	$(3 + \text{LOGN}(20.4, 60.5))$	0,1023
4	4	-	7,52	-	Normal	$(\text{NORM}(11.2, 4.53))$	0,0290
5	5	Beta	$(9 + 12 * \text{BETA}(0.48, 0.643))$	0,1186	Weibull	$(6 + \text{WEIB}(10, 1.05))$	0,0569
6	6	Beta	$(8 + 9.87 * \text{BETA}(1.06, 0.782))$	0,1131	Ekspensial	$(6 + \text{EXPO}(7.26))$	0,0083
7	7	Triangular	$(\text{TRIA}(2, 6.99, 42))$	0,2163	Uniform	$(\text{UNIF}(2, 15))$	0,0245
8	8	-	10,11	-	Weibull	$(5 + \text{WEIB}(11.7, 1))$	0,0510
9	9	Beta	$(25 + 18 * \text{BETA}(0.679, 0.774))$	0,0432	Beta	$(29 + 8 * \text{BETA}(0.337, 0.368))$	0,0393
10	10	Beta	$(34 + 28 * \text{BETA}(0.362, 0.466))$	0,0515	Beta	$(8 + 30 * \text{BETA}(0.533, 0.46))$	0,0404
11	11	Weibull	$(9 + \text{WEIB}(52.8, 1.2))$	0,0187	Beta	$(18 + 24 * \text{BETA}(0.599, 0.681))$	0,0392

No	Klasifikasi Ukuran	Deviasi ET di Dermaga QAL (jam)			Deviasi ET di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
12	12	Triangular	( TRIA(35, 65.6, 137) )	0,0345	Beta	( 37 + 22 * BETA(0.437, 0.509) )	0,0841
13	13	Uniform	(UNIF(43, 92))	0,0500	Weibull	( 25 + WEIB(25.3, 1.03))	0,0649
14	14	Beta	(21 + 20 * BETA(0.389, 0.346))	0,0445	-	45.92	-

Sumber: PT. X diolah kembali

Selanjutnya terdapat waktu lain yang juga menjadi inputan proses dari kegiatan muat, yakni *not operating time* (NOT) dan *idle time*. Waktu NOT disebabkan oleh persiapan alat, *draft survey*, operator ganti *shift*, maupun waktu yang telah diprediksi lainnya. Sedangkan waktu *idle* merupakan waktu menunggu yang tidak diprediksikan sebelumnya serta bersifat tidak diinginkan. Perhitungan *commenced laytime* biasanya dimulai pada saat kapal dalam keadaan siap dimuat. Biasanya ditandai dengan keluarnya dokumen *NOR Accepted*. NOR adalah *Notice of Readiness* atau suatu surat yang dibuat oleh nahkoda yang menyatakan bahwa kapal telah siap melaksanakan kegiatan pembongkaran maupun pemuatan. Dokumen NOR keluar setelah adanya serangkaian proses pengecekan baik kapal maupun palka oleh suurveyor yang ditunjuk oleh PT. X ini. Namun sistem yang berlaku di PT. X ini *commenced laytime* terhitung setelah 3 jam kapal telah sandar. Sehingga berikut ini merupakan distribusi NOT awal yang telah dikurangi 3 jam pada masing – masing dermaga:

No	Klasifikasi Ukuran	NOT Awal di Dermaga QAL (jam)			NOT Awal di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	1	Lognormal	-0.001 + LOGN(2.8, 351)	0,2417	Eksponensial	-0.001 + EXPO(0.501)	0,0679
2	2	Beta	0.36 + 2.61 * BETA(0.599, 0.62)	0,1516	Beta	0.03 + 3.54 * BETA(0.999, 0.699)	0,0920
3	3	-	4,33	-	Eksponensial	-0.001 + EXPO(1.78)	0,0249
4	4	-	0,58	-	Eksponensial	-0.001 + EXPO(2.9)	0,0077
5	5	Eksponensial	-0.001 + EXPO(7.23)	0,0347	Eksponensial	-0.001 + EXPO(2.9)	0,0744
6	6	Beta	2 + 6 * BETA(0.65, 0.416)	0,0642	Gamma	1 + GAMM(1.85, 2.31)	0,0174
7	7	Weibull	-0.001 + WEIB(0.094, 0.367)	0,0326	Eksponensial	-0.001 + EXPO(62.1)	0,0352
8	8	-	4,67	-	Eksponensial	-0.001 + EXPO(0.941)	0,0352
9	9	Uniform	UNIF(0.999, 2.84)	0,1750	Gamma	-0.001 + GAMM(18.2, 0.197)	0,2596
10	10	Beta	4.95 * BETA(0.474, 0.695)	0,0619	Triangular	TRIA(-0.001, 5.59, 6.79)	0,0535



No	Klasifikasi Ukuran	NOT Awal di Dermaga QAL (jam)			NOT Awal di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
11	11	Weibull	WEIB(2.46, 0.873)	0,0077	Gamma	-0.001 + GAMM(21.9, 0.377)	0,0784
12	12	Lognormal	LOGN(3.55, 3.84)	0,0587	Weibull	-0.001 + WEIB(0.261, 0.222)	0,1290
13	13	Uniform	UNIF(-0.001, 8)	0,0500	Ekspensial	-0.001 + EXPO(2.96)	0,0562
14	14	-	1,58	-	-	4,58	-

Sumber: PT. X diolah kembali

Sedangkan dibawah ini merupakan distribusi *Not operating time* (NOT) akhir di Pelabuhan Khusus PT. X.

Tabel 5.7 Dsitribusi NOT Akhir pada Dermaga QAL dan BSL

No	Klasifikasi Ukuran	NOT Akhir di Dermaga QAL (jam)			NOT Akhir di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	1	Beta	$1.05 + 0.31 * \text{BETA}(0.642, 0.637)$	0,1664	Ekspensial	$1.31 + \text{EXPO}(0.462)$	0,0726
2	2	Beta	$2.1 + 0.8 * \text{BETA}(0.609, 0.626)$	0,1555	Beta	$1.22 + 0.31 * \text{BETA}(0.202, 0.0858)$	0,1629
3	3	-	1,33	-	Beta	$3.85 * \text{BETA}(0.813, 1.16)$	0,0363
4	4	-	1,62	-	Triangular	$\text{TRIA}(0.81, 1.41, 2)$	0,0425
5	5	Beta	$0.12 + 1.51 * \text{BETA}(1.23, 0.743)$	0,0964	Weibull	$1.06 + \text{WEIB}(0.458, 1.34)$	0,0083
6	6	Weibull	$0.999 + \text{WEIB}(1.57, 0.424)$	0,0702	Triangular	$\text{TRIA}(0.81, 1.41, 2)$	0,0215
7	7	Triangular	$\text{TRIA}(0.37, 1.43, 1.88)$	0,2229	Beta	$0.63 + 1.37 * \text{BETA}(1.47, 1.07)$	0,0398
8	8	-	1,5	-	Beta	$0.52 + 1.71 * \text{BETA}(0.726, 1.04)$	0,1728
9	9	Lognormal	$\text{LOGN}(4.04, 9.15)$	0,0939	Beta	$1.45 + 0.551 * \text{BETA}(0.372, 0.219)$	0,2472
10	10	Ekspensial	$1.19 + \text{EXPO}(0.58)$	0,0729	Lognormal	$1.32 + \text{LOGN}(0.464, 0.521)$	0,0468
11	11	Lognormal	$1 + \text{LOGN}(1.11, 1.81)$	0,0190	Beta	$0.53 + 1.47 * \text{BETA}(0.636, 0.399)$	0,0785
12	12	Beta	$0.55 + 1.45 * \text{BETA}(1.6, 1.41)$	0,0090	Beta	$1.31 + 0.21 * \text{BETA}(0.0388, 0.0223)$	0,0580
13	13	Lognormal	$1.46 + \text{LOGN}(0.14, 0.162)$	0,0698	Uniform	$\text{UNIF}(1.26, 2)$	0,0245
14	14	Beta	$1.64 + 0.31 * \text{BETA}(0.642, 0.637)$	0,1664	-	0,83	-

Sumber : PT. X diolah kembali

Sedangkan untuk waktu *idle* dalam kasus ini menghiraukan *idle* karena hujan dikarenakan hujan termasuk kedalam *first major* dan tidak termasuk kedalam perhitungan *demurrage cost*. Waktu *idle* pada kasus ini disebabkan oleh menunggu muatan, menunggu alat

rusak, waktu meratakan muatan (trimming), waktu terbang karena *shifting* kapal, serta waktu non kegiatan. Berikut adalah distribusi waktu *idle* pada masing – masing dermaga.

Tabel 5.8 Distribusi IT di Dermaga QAL dan BSL

No	Klasifikasi Ukuran	IT di Dermaga QAL (jam)			IT di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	1	Beta	$13 + 9.93 * \text{BETA}(0.496, 0.541)$	0,1045	Ekspensial	$19 + \text{EXPO}(42.3)$	0,0738
2	2	Beta	$12 + 7.84 * \text{BETA}(0.513, 0.549)$	0,1109	Beta	$6.16 + 6.46 * \text{BETA}(0.676, 0.919)$	0,1024
3	3	-	27,88	-	Triangular	$\text{TRIA}(3, 18, 33)$	0,1336
4	4	-	98,75	-	Normal	$\text{NORM}(24.1, 9.12)$	0,0402
5	5	Beta	$19 + 44 * \text{BETA}(0.345, 0.535)$	0,0618	Ekspensial	$13 + \text{EXPO}(16.4)$	0,0083
6	6	Beta	$13 + 7.78 * \text{BETA}(0.749, 0.922)$	0,0565	Ekspensial	$9 + \text{EXPO}(11.2)$	0,0277
7	7	Ekspensial	$3 + \text{EXPO}(14.2)$	0,0374	Beta	$14 + 79 * \text{BETA}(0.367, 0.549)$	0,0525
8	8	-	21,17	-	Normal	$\text{NORM}(27.4, 12.3)$	0,0154
9	9	Normal	$\text{NORM}(18.9, 4.38)$	0,0445	Beta	$30 + 6 * \text{BETA}(0.376, 0.353)$	0,0385
10	10	Beta	$8 + 13 * \text{BETA}(0.708, 0.642)$	0,1350	Weibull	$21 + \text{WEIB}(25.7, 0.588)$	0,0272
11	11	Triangular	$\text{TRIA}(30, 38.6, 39)$	0,0413	Uniform	$\text{UNIF}(5, 67)$	0,0000
12	12	Beta	$38 + 134 * \text{BETA}(0.367, 0.452)$	0,0322	Beta	$28 + 13 * \text{BETA}(0.553, 0.502)$	0,0762
13	13	Weibull	$37 + \text{WEIB}(25.1, 0.528)$	0,0774	Weibull	$20 + \text{WEIB}(10.2, 0.56)$	0,0199
14	14	Beta	$19 + 17 * \text{BETA}(0.241, 0.316)$	0,1124	-	48,08	-

Sumber : PT. X diolah kembali

Dan yang terakhir adalah inputan proses *Aproaching time* atau perjalanan pandu tunda. Pandu tunda bukan merupakan wewenang perusahaan melainkan dibebankan kepada perusahaan lain. Namun tetap diperhitungkan dan dimasukkan menjadi inputan proses untuk mendapatkan hasil model yang merepresentasikan kondisi nyata. Berikut merupakan distribusi AT pada masing – masing dermaga.

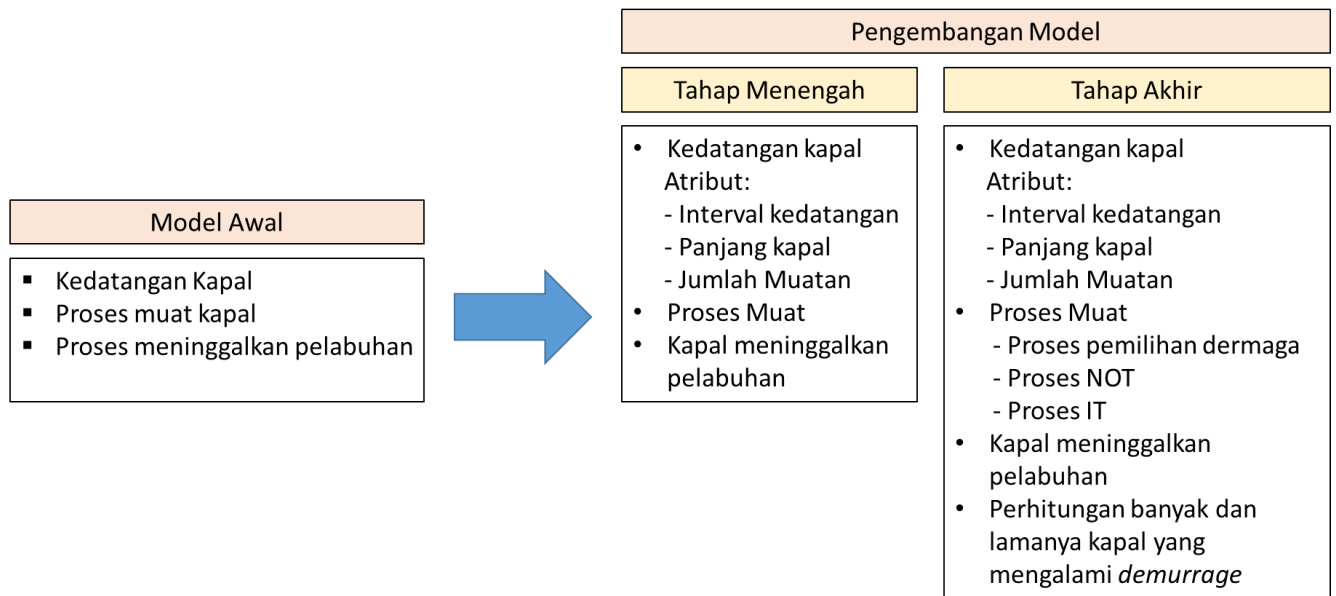
Tabel 5.9 Distribusi AT pada Dermaga QAL dan BSL

No	Kondisi	AT di Dermaga QAL (jam)			AT di Dermaga BSL (jam)		
		Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error	Jenis Distribusi	Persamaan	Square Error
1	Awal	Beta	$-0.001 + 13 * \text{BETA}(0.436, 3.09)$	0,0089	Normal	$\text{NORM}(1.3, 0.496)$	0,1037
2	Akhir	Normal	$\text{NORM}(0.506, 0.261)$	0,0612	Erlang	$-0.001 + \text{ERLA}(0.292, 2)$	0,0905

Sumber: PT. X diolah kembali

### 5.3. Pembuatan Model Simulasi

Berdasarkan model konseptual operasional pelabuhan, maka selanjutnya dapat dilakukan pembuatan model simulasi yang dapat menggambarkan kejadian nyata dengan bantuan *software Arena*. Model simulasi akan dibuat berdasarkan beberapa tahapan, mulai dari tahapan awal sampai tahapan paling kompleks yang dapat menggambarkan kondisi nyata kegiatan operasional pelabuhan PT. X. Berikut diagram pengembangan model simulasi pelabuhan PT. X:



Gambar 5.2 Diagram pengembangan model simulasi

#### 5.3.1. Model Simulasi Tahap Awal

Model awal ini merupakan model sederhana yang menjadi dasar dari operasional pelabuhan PT. X. Tahapan yang terjadi adalah:

- (1) Kapal (entitas) memasuki pelabuhan
- (2) Tahapan proses pelayanan
- (3) Tahap terakhir kapal meninggalkan pelabuhan

#### 5.3.2. Model Simulasi Tahap Menengah

Model simulasi tahap menengah merupakan pengembangan dari model simulasi tahap awal, dimana pada tahap ini kapal akan melewati beberapa tahapan operasional pelabuhan:

- (1) Kapal masuk ke pelabuhan
- (2) Setiap kapal akan membawa atribut yang terdiri dari: panjang kapal, jumlah muatan, jenis pelayanan (bongkar atau muat) dan dermaga sandar
- (3) Kapal menuju dermaga yang dapat disandari berdasarkan atribut yang dimiliki

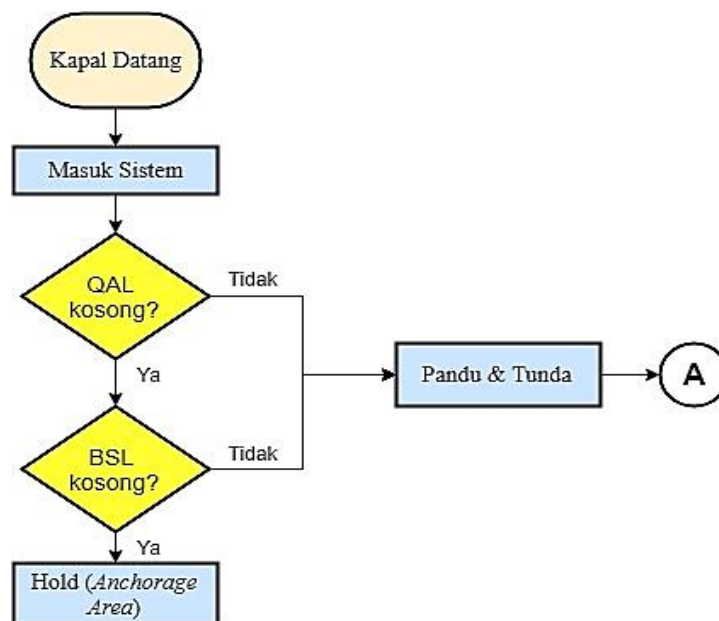
- (4) Proses pelayanan kapal di dermaga sandar
- (5) Kapal meninggalkan pelabuhan setelah proses bongkar muat selesai

### 5.3.3. Model Simulasi Tahap Akhir

Model simulasi tahap akhir merupakan pengembangan dari model simulasi tahap menengah dan sekaligus sebagai model terakhir yang dianggap dapat menggambarkan kondisi nyata operasional pelabuhan PT. X sebagai objek penelitian. Pada tahap akhir ini akan beberapa atribut serta variabel pendukung yang dapat menghitung waktu proses serta keadaan demurrage kapal yang terjadi pada sistem.

#### 5.3.3.1. Kedatangan Kapal dan Pemilihan Dermaga

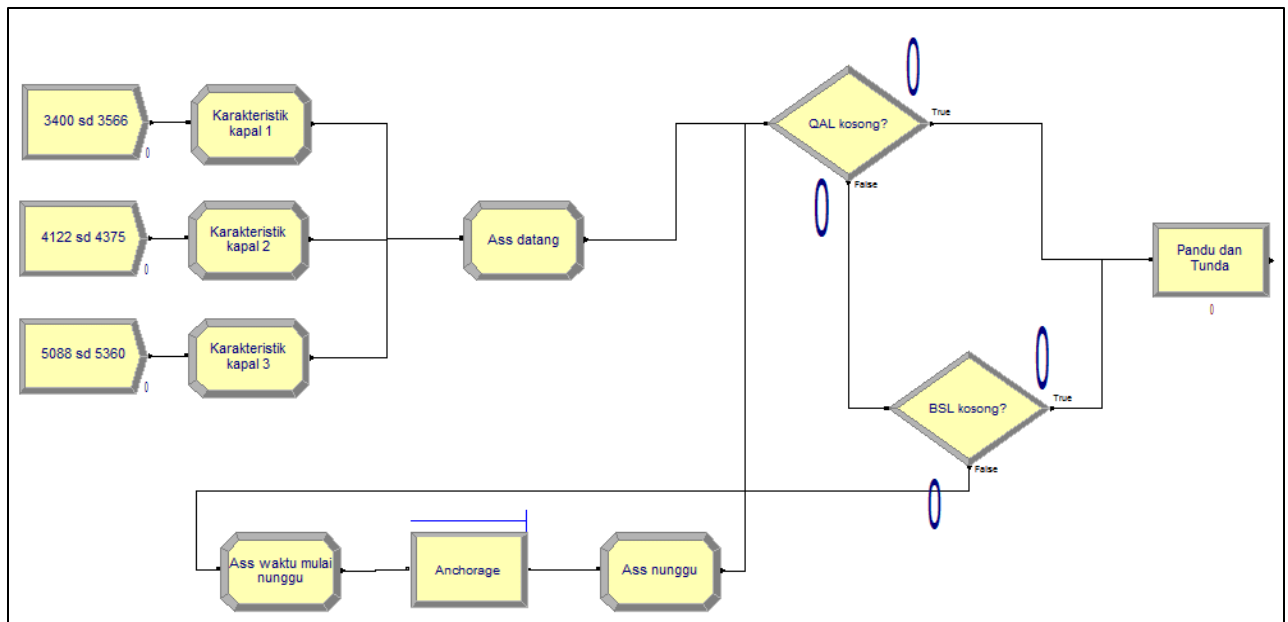
Entitas (kapal) dibagi menjadi 14 klasifikasi sesuai dengan besaran DWT nya. Hal ini dilakukan untuk memudahkan *software* menentukan angka *random* sesuai dengan input data yang dimasukkan. Apabila kapal tidak diklasifikasikan menjadi beberapa ukuran, maka *software* secara acak akan mencari angka *random* dari ukuran DWT yang terkecil hingga yang terbesar. Jika hal itu terjadi, maka kemungkinan hasil dari model simulasi kurang merepresentasikan kondisi nyata akan semakin besar.



Gambar 5.3 Flowchart Kedatangan Kapal dan Pemilihan Dermaga

Berdasarkan *flowchart* diatas diketahui bahwa kapal akan diatur interval kedatangannya berdasarkan data historis yang dimasukkan kedalam input *software*. *Software* secara otomatis akan mengatur kedatangan masing – masing kapal sesuai dengan klasifikasi ukurannya selama satu tahun. Setiap kapal akan langsung masuk ke sistem dan memasuki tahap pemilihan dermaga. Pada *flowchart* diatas dapat dilihat bahwa setiap kapal akan mengecek

masing – masing dermaga ada yang kosong atau tidak, jika ya maka kapal dapat masuk ke tahap selanjutnya yakni perjalanan pandu dan tunda, jika tidak maka kapal dapat di *hold* untuk menunggu dermaga kosong di *anchorage area*.

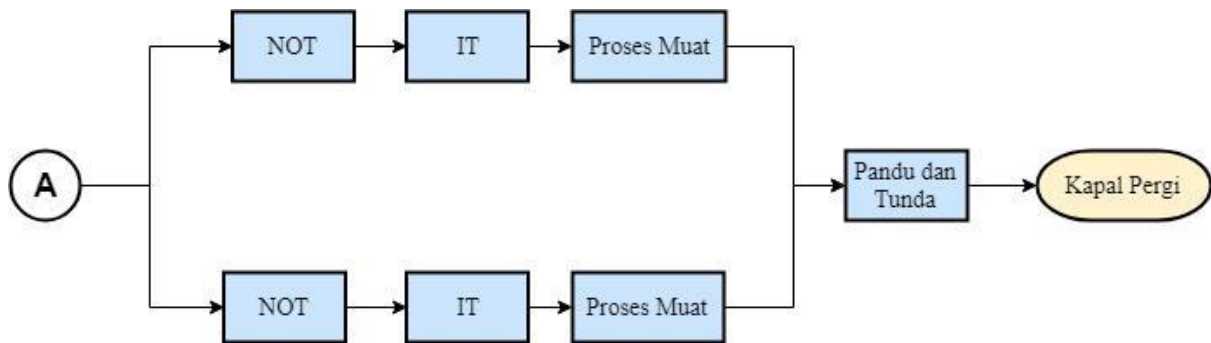


Gambar 5.4 Ilustrasi Model Kedatangan Kapal dan Pemilihan Dermaga pada *Software Arena*

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa terdapat tambahan beberapa modul “*assign*” yang digunakan untuk salah satu alat pencatat waktu masing – masing entitas (kapal) ketika masuk kedalam masing – masing tahapan sistem. Pada dermaga 2 (BSL) terdapat dua tambatan, maka model akan mengakomodasi sinyal apabila salah satu tambatan pada dermaga 2 kosong, maka entitas dapat masuk kedalam sistem

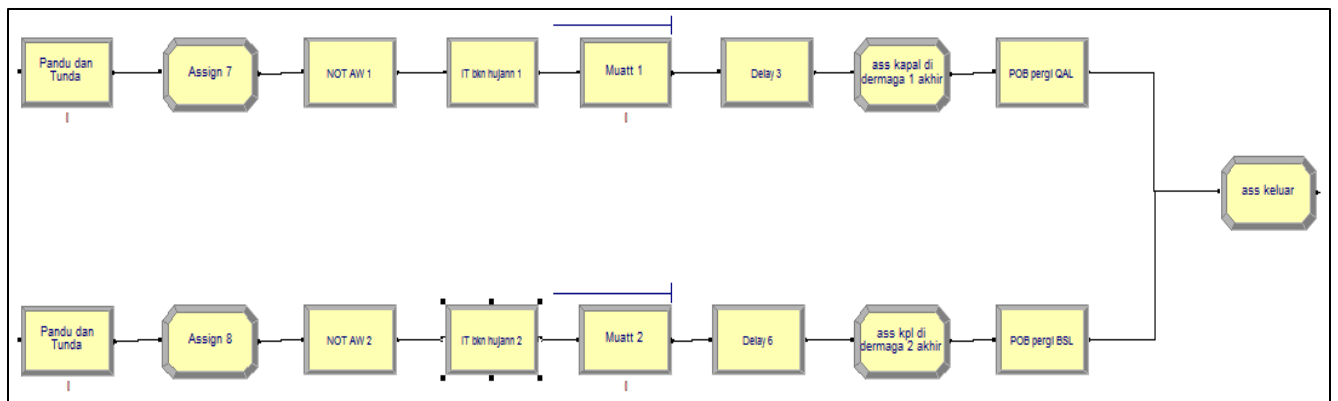
#### 5.3.3.2. Aktivitas Muat dan Kapal Meninggalkan Dermaga

Pada saat kapal telah mendapatkan sinyal bahwa dermaga kosong, maka kapal akan berangkat menuju dermaga yg kosong tersebut. Diawali dengan perjalanan menuju dermaga dengan kapal pandu dan tunda, setelah itu kapal akan sandar di dermaga. Terdapat beberapa aktivitas persiapan yang disebut dengan *not operating time*, kemudian setelah itu ada beberapa waktu *idle* yang juga dimasukkan kedalam model. Setelah itu baru tahap pemuatan (*loading*) urea curah kedalam palka kapal. Setelah kapal melewati semua proses itu maka kapal dapat segera meninggalkan dermaga. Berikut merupakan *flowchart* aktivitas muat dan kapal meninggalkan dermaga.



Gambar 5.5 *Flowchart* Aktivitas Pemuatan dan Kapal Meninggalkan Dermaga

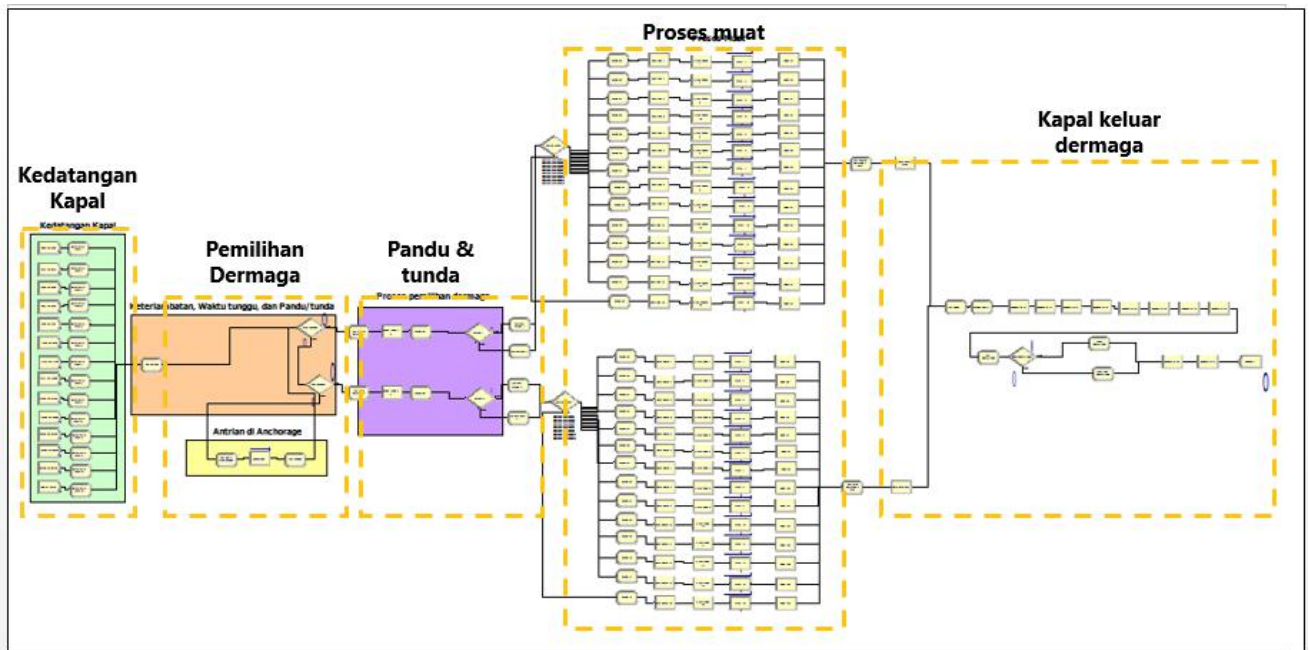
Berdasarkan *flowchart* diatas, masing – masing kegiatan dilakukan terpisah pada kedua dermaga. Berikut merupakan ilustrasi model aktivitas pemuatan serta kapal meninggalkan dermaga pada *software* Arena.



Gambar 5.6 Ilustrasi Model Aktivitas Pemuatan dan Kepergian Kapal dari Dermaga

Pada gambar diatas dapat dilihat ada beberapa modul “*assign*” yang digunakan sebagai alat pencatat dari waktu masing – masing kapal ketika memasuki atau selesai dari suatu proses

Gambar 5.7 dibawah merupakan model simulasi tahap akhir yang menunjukkan model simulasi kegiatan operasional di pelabuhan PT. X pada saat ini. Untuk selanjutnya model tersebut akan dikembangkan sesuai dengan skenario yang direncanakan.



Gambar 5.7 Model Simulasi Kondisi Eksisting Pelabuhan PT. X

#### 5.4. Hasil Simulasi

Setelah hasil simulasi dinyatakan valid, maka dapat dikatakan secara umum hasil simulasi tidaklah berbeda dengan kondisi sebenarnya, sehingga model simulasi tersebut dapat digunakan sebagai alat untuk menganalisa kondisi sebenarnya proses operasional pelabuhan Petrokimia Gresik. Dari hasil *running* model selama 365 hari didapatkan ringkasan data hasil simulasi sebagai berikut:

Tabel 5.10 Hasil *Running* Simulasi Model Eksisting

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai	Satuan
1	Rata - Rata <i>Berthing Time</i>	111,5	111,87	jam
2	Rata - Rata <i>Real Laytime</i>	108,5	72,81	jam
3	Rata - Rata <i>Waiting Time</i>	76,5	79,54	jam
4	Rata - Rata <i>shipcall</i>	145	166	kali
5	Rata - Rata jumlah kapal yang <i>demurrage</i>	118	127	kali
6	Rata - Rata <i>demurrage time</i>	5.041	7.711	jam
7	Rata - Rata <i>Throughput</i>	2.245.447	2.287.068	ton

Pada Tabel 5.10 diatas dapat diketahui lama waktu rata-rata pelayanan kapal di Pelabuhan Khusus Curah Kering PT. X mulai dari waktu muat, waktu laytime, serta waktu real laytime. Selain itu dari hasil simulasi dapat diketahui waktu tunggu untuk sandar rata-rata dari masing-masing kapal sebesar 79,54 jam. Selain itu dari hasil simulasi dapat diketahui *shipcall*

sebanyak 166 kapal serta jumlah kapal yang mengalami *demurrage* adalah 127 kapal. Serta dapat diketahui total muat (*throughput*) selama 1 (satu) tahun di Pelabuhan Khusus Curah PT. X sebesar 2.287.068 ton/tahun.

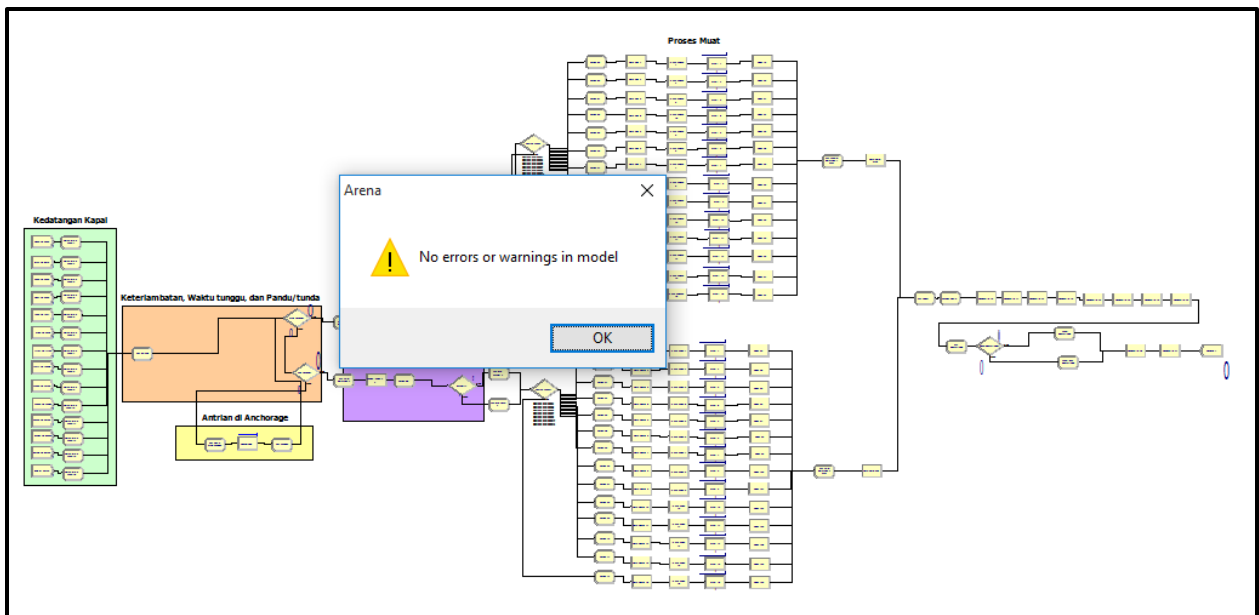
## 5.5. Verifikasi dan Validasi

### 5.5.1. Verifikasi

Verifikasi adalah proses pemeriksaan apakah logika operasional model sesuai dengan logika diagram alur. Kalimat sederhananya adalah apakah ada kesalahan (*error*) dalam program. Verifikasi model simulasi dapat dilakukan dengan cara memperhatikan beberapa hal, antara lain:

- ✓ Model simulasi dapat di running dan bebas *error*.
- ✓ Hasil output simulasi yang dihasilkan masuk akal
- ✓ Perpindahan entitas secara animasi yang terjadi selama proses simulasi sudah sesuai dengan model konseptual

Pada program Arena tahap verifikasi dapat dilakukan dengan menunjukkan *message box* yang menjelaskan bahwa simulasi tersebut terbebas dari *error* (Gambar 5.8).



Gambar 5.8 Verifikasi Model Simulasi Pelabuhan Khusus Curah Kering PT. X

### 5.5.2. Validasi

Validasi adalah proses penentuan apakah model, sebagai konseptualisasi atau abstraksi, merupakan representasi berarti dan akurat dari sistem nyata (Hoover dan Perry, 1989). Validasi dapat dilakukan dengan membandingkan hasil *input* atau *output* dari model simulasi dengan *input* atau *output* pada sistem nyata. Total muat (*throughput*) merupakan salah satu *output* simulasi



yang digunakan untuk mengetahui valid atau tidaknya model ini dengan menggunakan metode statistik *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*. Dalam menentukan titik kritis menggunakan tabel titik kritis distribusi t dengan  $\alpha = 10\%$

Untuk mencari titik kritis tersebut pada tabel, nilai  $\alpha$  yang digunakan adalah nilai  $\alpha / 2$ , sehingga dalam kasus ini, nilai yang digunakan adalah  $0.1/2 = 0.005$ . Dari tabel distribusi t didapatkan nilai titik kritis adalah -1.73 dan 1.73. Apabila t hitung berada pada range  $-1.73 \leq t\text{-hitung} \leq 1.73$ , maka “terima  $H_0$ ” dan jika sebaliknya t hitung berada di luar range tersebut, maka “tolak”.

Perbandingan antara output (total muatan) simulasi dengan output pada sistem nyata dapat dilihat pada Tabel 5.11, sebagai berikut:

Tabel 5.11 Perbandingan *throughput* model simulasi dengan kondisi eksisting

Replikasi ke -	Throughput (ton)		
	Arena	Eksisting	Presentase perubahan
1	2.481.843	2.245.447	11%
2	2.226.788	2.245.447	0,8%
3	2.315.699	2.245.447	3,1%
4	2.484.303	2.245.447	11%
5	2.254.104	2.245.447	0,4%
6	2.243.397	2.245.447	0,1%
7	2.028.419	2.245.447	10%
8	2.255.615	2.245.447	0,5%
9	2.262.710	2.245.447	0,8%
10	2.317.801	2.245.447	3,2%

Setelah itu maka dilakukan perhitungan uji *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*. Sehingga hasil uji statistik dari data diatas dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.12 Hasil Uji *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
Komponen	Simulasi	Eksisting
Mean	2.287.068	2.245.447
Variance	1,71E+10	0
Observations	10	10
Pooled Variance	8,54E+09	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	18	
t Stat	1,007111	

t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances		
Komponen	Simulasi	Eksisting
P(T<=t) one-tail	0,163614	
t Critical one-tail	1,330391	
P(T<=t) two-tail	0,327229	
t Critical two-tail	1,734064	

Dari perhitungan yang dilakukan diketahui bahwa nilai  $t_{stat} = 1,007$ , sehingga didapatkan substitusi persamaan  $-1.73 \leq t_{stat} \leq 1.73$ . Karena  $t_{stat}$  berada pada *range* titik kritisnya maka dapat dikatakan bahwa  $H_0$  diterima atau dengan kata lain tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara output simulasi dengan output pada kondisi nyata sehingga model dikatakan valid.

#### 5.6. Kondisi Biaya *Demurrage* Hasil Model Eksisting

Berdasarkan hasil model simulasi kondisi eksisting, didapatkan total waktu *demurrage* setiap replikasi. Sehingga dapat diketahui rata – rata total waktu *demurrage* sebesar 5.346 jam/tahun. Pada kondisi eksisting, berdasarkan kontrak antara perusahaan dengan agen pelayaran terkait didapatkan besaran *demurrage rate* berkisar antara \$3.000 sampai dengan \$8.000 per hari. Maka dari besaran *demurrage rate* tersebut didapatkan rata – rata *demurrage rate* per hari sebesar \$4.599. Sehingga didapatkan rata – rata *demurrage rate* per jam. Maka dari hasil perhitungan didapatkan hasil *demurrage cost* selama 1 (satu) tahun seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.13 *Demurrage Cost* Hasil Simulasi dan Eksisting selama 1 Tahun

Total <i>Demurrage time</i> (jam)		
Replikasi ke -	Arena	Eksisting
1	10.337	5.040
2	6.613	5.040
3	6.787	5.040
4	9.308	5.040
5	7.408	5.040
6	6.912	5.040
7	7.064	5.040
8	6.464	5.040
9	8.318	5.040
10	7.900	5.040
AVERAGE Dem time/tahun :	7.711	5.040
Dem cost rate/hari :	\$4.599	\$4.599

Total Demurrage time (jam)		
Replikasi ke -	Arena	Eksisting
Dem cost/tahun :	\$1.477.640	\$965.809

Dari tabel diatas diketahui bahwa setelah hasil *running* model eksisting didapatkan biaya *demurrage* per tahun sebesar \$1.477.640 atau setara dengan 21.244 Jt-Rp/tahun.

## 5.7. Skenario Perbaikan

Fasilitas pelabuhan menentukan layanan suatu pelabuhan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang, oleh karena itu perencanaan serta penentuan fasilitas baik di darat maupun laut merupakan hal yang sangat penting. Pada kondisi saat ini terdapat masing – masing 1 alat pada Dermaga QAL dan 2 alat pada Dermaga BSL. Jenis dermaga QAL adalah *dolphin* dimana dermaga tersebut hanya bisa disandari oleh maksimal 1 kapal saja. Jenis dermaga BSL adalah *quaywall* atau memanjang dan pada saat ini dermaga BSL memiliki 2 tambatan. Sehingga dapat disimpulkan terdapat masing – masing 1 alat per tambatan untuk kedua dermaga tersebut.

Dengan kondisi biaya *demurrage* per tahun yang tergolong cukup tinggi maka diperlukan beberapa skenario perbaikan yang diharapkan dapat menurunkan biaya *demurrage* per tahun. Skenario dapat dilakukan dengan memperhatikan beberapa faktor sebagai berikut:

1. Logis atau tidaknya sebuah skenario apabila direalisasikan
2. Skenario tidak dapat dilakukan apabila melanggar peraturan yang ada
3. Skenario dapat direalisasikan atau dianggap layak jika *output* yang dihasilkan dapat meningkatkan performa serta menurunkan biaya *demurrage* pada kondisi eksisting ini.

Skenario pengembangan fasilitas pelabuhan dibuat dengan memperhatikan lamanya waktu tunggu serta banyaknya kapal yang terekena *demurrage* dalam setahun, berikut uraian dari masing-masing skenario:

### 5.7.1. Skenario 1 (Menghapuskan *trimming* muatan dengan cara melakukannya bersamaan dengan pemuatan di palka lain)

Pada kondisi eksisting proses *trimming* muatan dilakukan baik manual maupun menggunakan alat. Manual yang dimaksud adalah muatan diratakan dengan cara awak kapal masuk kedalam palka dan melakukan perataan muatan sehingga muatan memenuhi seluruh ruang palkah. Awak kapal yang masuk berkisar antara 5 – 7 orang. Apabila kapal memiliki alat bongkar muat sendiri, biasanya proses *trimming* dilakukan dengan menggunakan *grab* kapal

dan dioperasikan oleh 1 (satu) orang operator. Namun proses *trimming* selama ini dilakukan sendiri. Dalam rangka meminimalkan waktu *idle* proses *trimming* ini dapat dilakukan bersamaan dengan proses pemuatan pada palkah lain. Sehingga waktu *idle* menjadi lebih sedikit dan waktu produktif meningkat.

Pada skenario ini pada dasarnya adalah pengembangan dari model eksisting. Dimana pada model eksisting waktu *idle* masih digabung menjadi satu. Sedangkan berdasarkan keadaan lapangannya *trimming* muatan merupakan 5% dari total IT seluruhnya. Sehingga pada model ini hal yang dilakukan adalah menambah modul *assign* pada saat sebelum dan sesudah proses IT. Kemudian menambahkan atribut waktu mulai IT, waktu selesai IT, serta Total IT yang merupakan selisih antara waktu selesai IT dengan waktu mulai IT. Setelah itu pada perhitungan *real laytime* terdapat faktor pengurangan tambahan yakni menjadi (waktu selesai standar – waktu mulai nor) – (0,05\*IT Total). Setelah di *run* dengan 10 (sepuluh) replikasi didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.14 Hasil Simulasi Model Skenario 1

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai Skenario 1	Satuan
1	Rata - Rata Berthing Time	112	112	jam
2	Rata - Rata Real Laytime	73	73	jam
3	Rata - Rata Waiting Time	80	80	jam
4	Rata - Rata shipcall	166	166	kali
5	Rata - Rata jumlah kapal yang demurrage	127	125	kali
6	Rata - Rata <i>demurrage time</i>	7.711	7.485	jam
7	Rata - Rata Throughput	2.287.068	2.287.068	ton

Dari hasil *running* simulasi skenario 1 tersebut didapatkan perbedaan *demurrage time* sebesar 226 jam. Sehingga didapatkan penurunan biaya *demurrage* seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.15 Penurunan Biaya *Demurrage* Skenario 1

No	Kondisi	Komponen	Nilai	Satuan
1	<b>Eksisting</b>	<i>Dem cost rate</i>	:	\$4.599 /day
		<i>Dem cost</i>	:	\$ 1.477.640 /year
2	<b>Skenario 1</b>	<i>Dem cost rate</i>	:	\$4.599 /day
		<i>Dem cost</i>	:	\$ 1.434.300 /year
3	Penurunan <i>Dem cost</i>		:	\$ 43.340 /year
4	<b>Presentase penurunan</b>		:	<b>3%</b>

Dari tabel diatas diketahui bahwa presentase penurunan biaya *demurrage* antara skenario 1 dengan model eksisting sebesar 3%. Dengan jumlah penurunan biaya *demurrage* per tahunnya sebesar \$43.331. Sehingga total biaya *demurrage* yang dibayarkan menjadi \$1.434.300/tahun.

5.7.2. Skenario 2 (Menambah panjang jangkauan loader serta membuat *loader* dapat digerakkan secara elektrik dan fleksibel)

Salah satu komponen waktu *idle* yang lain adalah waktu *shifting*. *Shifting* merupakan proses memajukan atau memundurkan kapal karena keterbatasan jangkauan *loader* di dermaga. Kejadian ini cukup sering terjadi dan menjadi faktor penghambat produktivitas di pelabuhan. Pada skenario 2 ini adalah usulan untuk menambah panjang jangkauan *loader* yang awalnya hanya 24 meter menjadi 35 sampai dengan 50 meter. Hal ini diharapkan dapat memperkecil bahkan menghapus waktu terbuang yang disebabkan oleh *shifting* kapal.

Skenario ini merupakan lanjutan dari skenario 1. Fokus pada perhitungan *real laytime* yakni pengurangannya menjadi 10%. 10% didapatkan dari komponen IT karena *trimming* sebanyak 5% serta komponen IT karena *shifting* sebanyak 5%. Setelah di *run* dengan 10 (sepuluh) replikasi didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.16 Hasil Simulasi Model Skenario 2

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai Skenario 2	Satuan
1	Rata - Rata <i>Berthing Time</i>	112	112	jam
2	Rata - Rata <i>Real Laytime</i>	73	73	jam
3	Rata - Rata <i>Waiting Time</i>	80	80	jam
4	Rata - Rata <i>shipcall</i>	166	166	kali
5	Rata - Rata jumlah kapal yang <i>demurrage</i>	127	125	kali
6	Rata - Rata <i>demurrage time</i>	7.711	7.260	jam
7	Rata - Rata <i>Throughput</i>	2.287.068	2.287.068	ton

Dari hasil tersebut didapatkan perbedaan jumlah kapal yang mengalami *demurrage* sebanyak 2 (dua) kapal. Serta perbedaan *demurrage time* sebesar 451 jam. Sehingga didapatkan penurunan biaya *demurrage* seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.17 Penurunan Biaya *Demurrage* Skenario 2

No	Kondisi	Komponen	Nilai	Satuan
1	Eksisting	<i>Dem cost rate</i>	:	\$ 4.599 /day
		<i>Dem cost</i>	:	\$ 1.477.640 /year
2	Skenario 2	<i>Dem cost rate</i>	:	\$ 4.599 /day

No	Kondisi	Komponen	Nilai	Satuan
		<i>Dem cost</i>	: \$ 1.391.220	/year
3	Penurunan	<i>Dem cost</i>	: \$ 86.420	/year
4	<b>Presentase penurunan</b>		<b>: 6%</b>	

Dari tabel diatas diketahui bahwa presentase penurunan biaya *demurrage* antara skenario 2 dengan model eksisting sebesar 6%. Dengan jumlah penurunan biaya *demurrage* per tahunnya sebesar \$86.411. Sehingga total biaya *demurrage* yang dibayarkan menjadi \$1.391.220/tahun.

#### 5.7.3. Skenario 3 (Memperbarui alat yang sudah ada dengan penambahan *maintenance* rutin)

PT. X ini sudah berdiri sejak tahun 1977. Sedangkan proses pengapalan pertama yakni pada tahun 1984. Semenjak tahun 1984 itulah *Quadrant Arm Loader* serta *Bulk Ship Loader* telah beroperasi. Umur alat itu tergolong diatas batas umur alat ekonomis yang biasanya adalah 25 tahun. Selama ini tidak ada kepastian peraturan terkait proses *maintenance* rutin alat – alat di Pelabuhan PT. X ini. Sehingga komponen IT terbesar setelah waktu non kegiatan adalah waktu menunggu karena kerusakan alat serta perbaikan alat. Besar presentase nya adalah 30% dari total IT.

Pada skenario ini menawarkan adanya proses *maintenance* yang rutin yakni 3 bulan sekali. Dengan durasi *maintenance* sebesar 24 jam atau 1 (satu) hari. Sehingga dalam setahun terdapat 96 jam yang terpakai untuk proses *maintenance*. Pada skenario ini juga berasumsi bahwa deviasi ET akan dihilangkan karena adanya peningkatan performa dari alat pemuatan. Skenario ini merupakan lanjutan dari model eksisting, dimana pada perhitungan *real laytime* presentase pengurangan IT yang digunakan adalah 28%. Hal ini didapatkan dari penghapusan IT karena alat yang awalnya sebesar 30% namun ditambahkan 96 jam proses *maintenance* alat. Setelah di *run* dengan 10 (sepuluh) replikasi didapatkan hasil seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.18 Hasil Simulasi Model Skenario 3

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai Skenario 3	Satuan
1	Rata - Rata <i>Berthing Time</i>	112	64	jam
2	Rata - Rata <i>Real Laytime</i>	73	73	jam
3	Rata - Rata <i>Waiting Time</i>	80	14	jam
4	Rata - Rata <i>shipcall</i>	166	166	kali
5	Rata - Rata jumlah kapal yang <i>demurrage</i>	127	64	kali
6	Rata - Rata <i>demurrage time</i>	7.711	1.839	jam

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai Skenario 3	Satuan
7	Rata - Rata <i>Throughput</i>	2.287.068	2.292.586	ton

Dari hasil tersebut didapatkan perbedaan rata – rata *waiting time* sebesar 60 jam. Kemudian perbedaan jumlah kapal yang mengalami *demurrage* sebanyak 63 kapal. Serta perbedaan *demurrage time* sebesar 5.872 jam. Sehingga didapatkan penurunan biaya *demurrage* seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.19 Penurunan Biaya *Demurrage* Skenario 3

No	Kondisi	Komponen	Nilai	Satuan
1	<b>Eksisting</b>	<i>Dem cost rate</i> :	\$4.599	/day
		<i>Dem cost</i> :	\$ 1.477.640	/year
2	<b>Skenario 3</b>	<i>Dem cost rate</i> :	\$4.599	/day
		<i>Dem cost</i> :	\$ 352.361	/year
3	Penurunan <i>Dem cost</i>		\$ 1.125.279	/year
4	<b>Presentase penurunan</b>		<b>76%</b>	

Dari tabel diatas diketahui bahwa presentase penurunan biaya *demurrage* antara skenario 3 dengan model eksisting sebesar 76%. Dengan jumlah penurunan biaya *demurrage* per tahunnya sebesar \$1.125.270. Sehingga total biaya *demurrage* yang dibayarkan menjadi \$352.361/tahun.

#### 5.7.4. Skenario 4 (Penambahan produktivitas alat menjadi 2 kali lipat)

Apabila dari ketiga skenario diatas dirasa belum cukup sebagai upaya penurunan biaya *demurrage* maka upaya selanjutnya adalah dengan meningkatkan produktivitas alat yang semula 1.000 ton/jam menjadi 2.000 ton/jam.

Pada skenario 4 ini hal yang harus dilakukan adalah mengubah produktivitas yang terdapat pada masing – masing dermaga menjadi 2.000 ton/jam. Dan menghilangkan deviasi waktu ET karena pengadaan alat baru akan menghasilkan performa yang optimal. Sehingga tidak perlu adanya deviasi. Setelah proses *running* hingga 10 replikasi, didapatkan hasil simulasi skenario 4 seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.20 Hasil Simulasi Model Skenario 4

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai Skenario 4	Satuan
1	Rata - Rata <i>Berthing Time</i>	112	50	jam
2	Rata - Rata <i>Real Laytime</i>	73	73	jam
3	Rata - Rata <i>Waiting Time</i>	80	8	jam
4	Rata - Rata <i>shipcall</i>	166	166	kali

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai Skenario 4	Satuan
5	Rata - Rata jumlah kapal yang <i>demurrage</i>	127	45	kali
6	Rata - Rata <i>demurrage time</i>	7.711	1.147	jam
7	Rata - Rata <i>Throughput</i>	2.287.068	2.297.744	ton

Dari hasil tersebut didapatkan perbedaan rata – rata *waiting time* sebesar 72 jam. Kemudian perbedaan jumlah kapal yang mengalami *demurrage* sebanyak 82 kapal. Serta perbedaan *demurrage time* sebesar 6.564 jam. Sehingga didapatkan penurunan biaya *demurrage* seperti tabel dibawah ini.

Tabel 5.21 Penurunan Biaya *Demurrage* Skenario 4

No	Kondisi	Komponen	Nilai	Satuan
1	Eksisting	<i>Dem cost rate</i> :	\$ 4.599	/day
		<i>Dem cost</i> :	\$ 1.477.640	/year
2	Skenario 4	<i>Dem cost rate</i> :	\$ 4.599	/day
		<i>Dem cost</i> :	\$ 352.361	/year
3	Penurunan <i>Dem cost</i>		\$ 1.125.279	/year
4	Presentase penurunan		76%	

Dari tabel diatas diketahui bahwa presentase penurunan biaya *demurrage* antara skenario 4 dengan model eksisting sebesar 85.1%. Dengan jumlah penurunan biaya *demurrage* per tahunnya sebesar \$1.257.910. Sehingga total biaya *demurrage* yang dibayarkan menjadi \$219.721/tahun.

## 5.8. Analisis Perbandingan Antar Skenario

Setelah melakukan *running* seluruh skenario dari skenario 1 sampai dengan 4, maka setelah itu adalah membandingkan dari masing – masing skenario untuk menentukan skenario mana yang akan dipilih. Berikut merupakan rangkuman dari ke-4 skenario perbaikan.

Tabel 5.22 Hasil Perbandingan Antar Skenario

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai S1	Nilai S2	Nilai S3	Nilai S4	Satuan
1	Rata - Rata <i>Berthing Time</i>	111,87	112	112	64	50	jam
2	Rata - Rata <i>Real Laytime</i>	72,81	73	73	73	73	jam
3	Rata - Rata <i>Waiting Time</i>	79,54	80	80	14	8	jam
4	Rata - Rata <i>shipcall</i>	166	166	166	166	166	kali
5	Rata - Rata <i>Throughput</i>	2.287.068	2.287.068	2.287.068	2.292.586	2.297.744	ton



Tabel 5.22 menunjukkan bahwa dengan jumlah *shipcall* dan *throughput* yang sama terdapat penurunan waktu *waiting time* pada masing – masing skenario. Penurunan terbanyak pada skenario 4 yakni hanya 8 jam saja. Berikut merupakan perbandingan kejadian *demurrage* serta biaya *demurrage* yang ditanggung pada masing – masing skenario.

Tabel 5.23 Perbandingan Biaya *Demurrage* pada Masing – Masing Skenario

No	Komponen	Nilai Eksisting	Nilai S1	Nilai S2	Nilai S3	Nilai S4	Satuan
1	Rata - Rata jumlah kapal yang <i>demurrage</i>	127	125	125	64	45	kali
2	Rata - Rata <i>demurrage time</i>	7.711	7.485	7.260	1.839	1.147	jam
3	<i>Demurrage cost</i>	\$ 1.477.640	\$ 1.434.300	\$ 1.391.220	\$ 352.361	\$ 219.721	/tahun
4	Selisih <i>Demurrage cost</i> dengan eksisting	\$ -	\$ 43.340	\$ 86.420	\$ 1.125.279	\$ 1.257.919	/tahun
5	Presentase penurunan	0%	3%	6%	76%	85,1%	/tahun

Tabel diatas menunjukkan bahwa total nilai *demurrage cost* yang harus dibayarkan per tahun apabila pada saat kondisi eksisting sebesar \$1.477.640. Setelah dilakukan penghapusan *trimming* yang dilakukan bersamaan dengan proses muat, nilai *demurrage* mengalami penurunan sebesar 3% menjadi \$1.434.300/tahun. Kemudian alternatif kedua yakni dengan memperpanjang jangkauan *loader* menghasilkan penurunan sebesar 6% menjadi \$1.391.220/tahun. Selanjutnya untuk alternatif pembaharuan alat yang sudah ada dengan menerapkan jadwal *maintenance* sebanyak 4 kali dalam setahun mampu menurunkan nilai *demurrage* cukup signifikan yakni sebesar 76% menjadi \$352.361/tahun. Dan yang terakhir alternatif peningkatan produktivitas menjadi masing – masing alat sebesar 2.000 ton/jam mampu menurunkan biaya *demurrage* terbesar, yakni mencapai 85,1% menjadi \$219.721/tahun.

## 5.9. Analisis Biaya Investasi Masing – Masing Skenario

Untuk menunjang penurunan biaya *demurrage* sesuai yang diharapkan maka skenario – skenario perbaikan harus siap untuk diwujudkan. Berikut merupakan hasil perbandingan biaya investasi masing – masing skenario dengan pengurangan biaya *demurrage* per tahun sebagai pemasukan.

Tabel 5.24 Analisis Investasi Masing - Masing Skenario

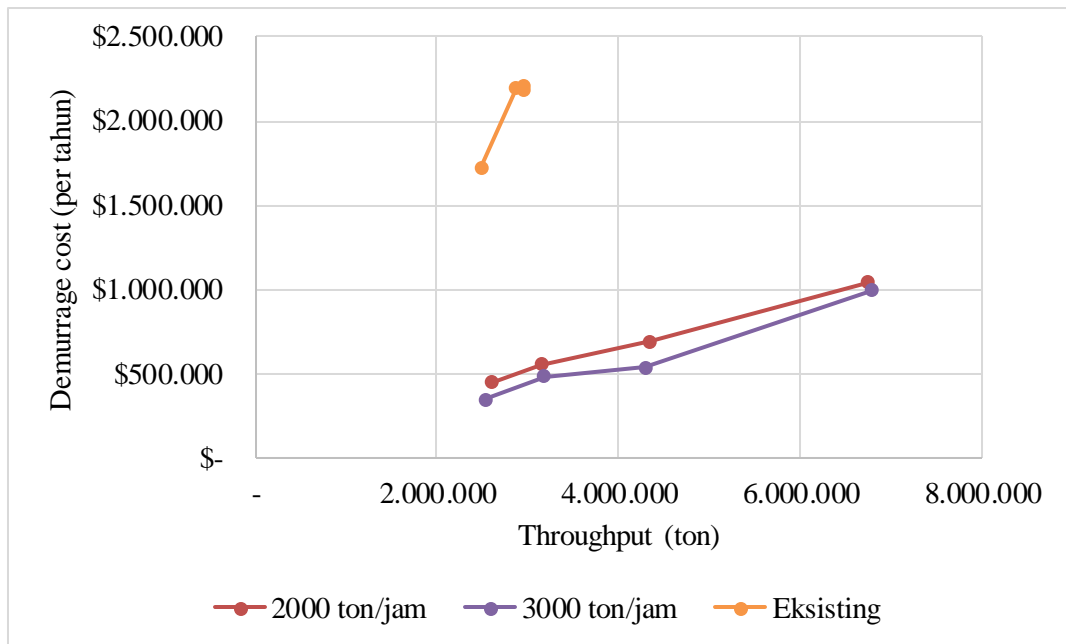
Komponen	Satuan	S1	S2	S3	S4
<b>Defnisi</b>	-	Penghapusan <i>trimming muatan</i>	Menambah jangkauan <i>loader</i>	Penambahan <i>maintenance</i>	Penambahan produktivitas menjadi 2.000 ton/jam
<b>Kebutuhan Alat</b>	unit	0	1	0	3
<b>Jenis Alat</b>	-	-	<i>loader arm</i>	-	<i>arm loader &amp; ship loader</i>
<b>Investasi</b>	-	\$ -	\$ 34.500	-	\$ 1.725.000
<b>Umur ekonomis</b>	tahun	-	15	-	15
<b>Biaya Kapital</b>	/tahun	-	\$ 2.915		\$ 145.754
<b>Maintenance<sup>1</sup></b>	/tahun	\$ -	\$ 146	\$ 29.151	\$ 7.288
<b>Total Cost</b>	/tahun	\$ -	\$ 3.061	\$ 29.151	\$ 153.042
<b>Pengurangan demurrage cost<sup>2</sup></b>	/tahun	\$ 43.340	\$ 86.420	\$ 1.125.279	\$ 1.257.919
<b>Keuntungan</b>	/tahun	\$ 43.340	\$ 83.359	\$ 1.096.128	\$ 1.104.877

Sumber: [www.alibaba.com](http://www.alibaba.com)

<sup>1</sup> Asumsi dari *maintenance* adalah 5% dari biaya kapital, untuk skenario 3 asumsi *maintenance* adalah 20% dari biaya kapital skenario 4, karena alat yang digunakan merupakan alat eksisting, sehingga risiko kerusakan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan alat yang baru. <sup>2</sup> *Demurrage cost* eksisting adalah sebesar US \$ 1.477.640/tahun. Dari hasil analisis yang dilakukan maka jumlah keuntungan yang terbesar adalah skenario 4, yakni penambahan produktivitas menjadi 2.000 ton/tahun untuk masing- masing alat baik Quadrant Arm Loader maupun Bulk Ship Loader. Dengan total penurunan biaya *demurrage* per tahun sebesar \$1.257.919.

### 5.10. Analisis Sensitivitas Skenario Terpilih

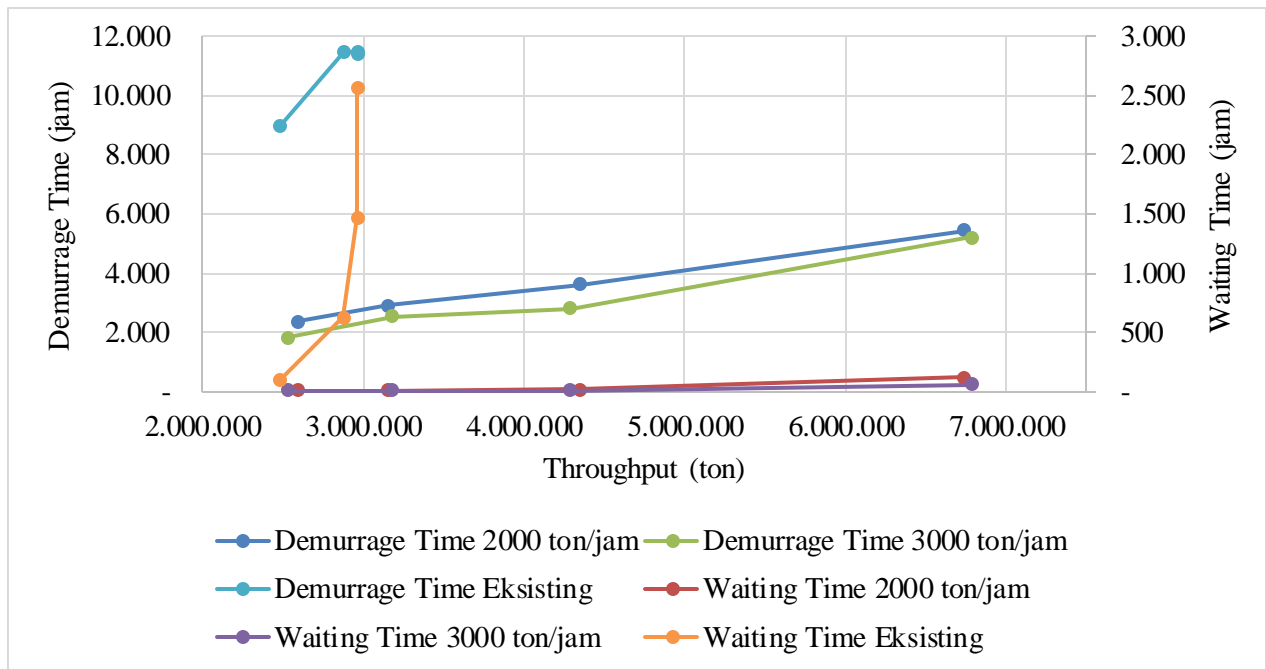
Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan produktivitas menjadi 2.000 ton/jam merupakan alternatif yang terbaik. Setelah itu dilakukan uji sensitivitas untuk mengetahui seberapa sensitif hasil penelitian dengan variabel yang diubah. Variabel yang akan diubah adalah interval kedatangan kapal serta produktivitas alat. Interval kedatangan kapal akan dipercepat menjadi 10%, 30%, 50%, serta 70% dari kondisi eksisting. Sedangkan produktivitas akan ditambah hingga 3.000 ton/jam, dimana kondisi eksisting produktivitas pada masing – masing dermaga adalah 1.000 ton/jam dan 800 ton/jam. Berikut merupakan hasil sensitivitas dari produktivitas alat dengan kedatangan kapal dengan interval percepatan 20% dari kondisi eksisting terhadap biaya *demurrage* per tahun:



Gambar 5.9 Sensitivitas Produktivitas Terhadap Biaya *Demurrage* per Tahun

Dapat dilihat pada gambar diatas bahwa terdapat 3 kondisi penambahan produktivitas yakni yang pertama adalah kondisi eksisting dimana produktivitas alat pada masing – masing dermaga adalah 1.000 ton/jam dan 800 ton/jam, yang kedua adalah produktivitas pada saat 2.000 ton/jam, dan yang ketiga adalah produktivitas pada saat 3.000 ton/jam. Biaya *demurrage* tertinggi adalah pada saat kondisi eksisting baik pada saat interval kedatangan dipercepat 10%, 30%, 50%, maupun 70% yakni masing – masing adalah US \$ 1.723.271/tahun, US \$ 2.197.319/tahun, US \$ 2.202.346/tahun, serta US \$ 2.185.315/tahun.

Selanjutnya adalah hubungan antara penambahan produktivitas dengan lama waktu *demurrage* serta *waiting time*. Berikut merupakan hubungan penambahan produktivitas dengan lama *demurrage* dan *waiting time*:



Gambar 5.10 Sensitivitas Produktivitas dengan *Demurrage Time* dan *Waiting Time*

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa *demurrage time* serta *waiting time* tertinggi terjadi pada saat kondisi eksisting serta paling rendah adalah pada saat kondisi produktivitas sebesar 3.000 ton/jam.

## **Bab 6. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada penelitian Tugas Akhir ini, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Saat ini terdapat 916 total kunjungan kapal di Pelabuhan PT. X pada tahun 2017. Terdapat 145 kunjungan kapal pada Dermaga QAL dan BSL. Perusahaan memiliki kebijakan perjanjian *loading rate* untuk kapal ekspor sebesar 4.000 ton/hari dan kapal lokal sebesar 5.000 ton/hari. Pelabuhan beroperasi selama 24 jam penuh.
2. Terdapat 118 kejadian kapal yang mengalami *demurrage* pada Pelabuhan Khusus Curah Kering milik PT. X pada tahun 2017. Total biaya *demurrage* yang dibayar adalah \$ 965.803/tahun.
3. Faktor yang mempengaruhi *demurrage cost* adalah tingginya waktu *idle* dan sedikitnya waktu efektif. Waktu *idle* disebabkan oleh cuaca dan non cuaca. Waktu *idle* dikarenakan non cuaca disebabkan oleh waktu menganggur, alat rusak, *trimming*, serta *shifting*.
4. Berdasarkan hasil simulasi dan analisis maka skenario perbaikan yang dipilih adalah skenario 4 yakni penambahan produktivitas alat masing – masing sebesar 2.000 ton/jam. Dengan jumlah penurunan biaya *demurrage* sebesar \$ 1.257.919/tahun. Sehingga total biaya *demurrage* yang dibayarkan sebesar \$ 219.721/tahun. Investasi total berkisar antara \$ 1.725.000 dengan asumsi biaya sendiri serta inflasi sebesar 3,12%, dengan menggunakan skenario terpilih potensi biaya yang dapat dihemat adalah sebesar \$ 1.104.877/tahun.

### **6.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian ini, terdapat saran yang dapat diberikan oleh penulis sebagai berikut:

1. Sesuai hasil studi bahwa skenario terbaik adalah peningkatan produktivitas alat pada masing – masing dermaga menjadi 2.000 ton/jam. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan pengadaan alat baru sebesar \$ 1.725.000. Upaya perbaikan ini dapat diimplementasikan perusahaan terkait untuk menurunkan biaya *demurrage* pada pelabuhan khususnya.

2. Hasil studi ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan bagi pihak pengelola pelabuhan, khususnya pelabuhan curah kering dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan penurunan biaya *demurrage* pada pelabuhan.
3. Pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan alternatif – alternatif skenario perbaikan lain yang memungkinkan untuk dilakukan seperti pengaruh jasa eksternal (pandu & tunda), serta pengaturan waktu kedatangan kapal sesuai dengan perencanaan jangka panjang perusahaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, H. (2015, Februari 10). *Distribusi pada Pemodelan dan Simulasi*. Dipetik Juli 29, 2017, dari Hafizhakmal'sblog: <http://hafizhakmal.student.telkomuniversity.ac.id/distribusi-pada-pemodelan-dan-simulasi/>
- Aliyah. (2017). *Model Sinkronisasi Penjadwalan Armada Kapal Perintis dengan Kapal Penumpang: Studi Kasus Pangkalan Kupang*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).
- Altiock, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modelling and Analysis with Arena*. Piscataway, New Jersey: Rutgers University.
- Ardwiansyah, M. (2016). *Model Optimasi dan Penjadwalan Aktivitas Kepanduan dengan Pendekatan Simulasi Diskrit: Studi Kasus Pelabuhan Tanjung Priok Jakarta*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).
- Badan Pusat Statistika. (2017). *Laporan Perekonomian Indonesia 2017*. Badan Pusat Statistika.
- Banks, J., II, J. C., & Nelson, B. (1984). *Discrete Event System Simulation Fourth Edition*. London: Prentice-Hall International, Inc.
- Harrel, C. R. (2003). *Simulation using Promodel*. USA: McGraw-Hill.
- Indonesia, P. S. (2015). *sas*. Dipetik Desember 26, 2017, dari sas: <https://www.sas.com>
- Kelton, W. D., Sadowski, R., & Zupick, N. (2010). *Simulation with Arena*. New York: McGraw-Hill.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation and Modelling Analysis*. Singapore: McGraw Hill.
- Lisva, A. (2017). *Pengembangan Model Simulasi Diskrit untuk Menurunkan Demurrage Cost di Pelabuhan Khusus Minyak dan Gas*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lopez, N. J. (1992). *Best Chartering and Shipping Terms Eleventh Edition*. London: Barker and Howard Ltd.
- Rizal, M. H. (2015). *Simulasi Proses Pemuatan Kapal di Pelabuhan PT. Wina Gresik dengan Tujuan Mengurangi Demurrage*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Schofield, J. (2011). *Laytime and Demurrage Sixth Edition*. London: Taylor & Francis Ltd.

- Setyanegara, R. (2018). *Model Evaluasi Penambahan Peralatan Bongkar Muat Dermaga Konvensional : Studi Kasus Dermaga Berlian, Tanjung Perak*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Triatmodjo, B. (2009). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- (2008). *Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2008 Tentang Pelayaran*.
- Velsink, H. (2012). *Ports and Terminals*. Netherlands: VSSD.



## BIODATA PENULIS



Nadhira Zahrani Widiarina lahir di Kediri, Jawa Timur, pada tanggal 10 Oktober 1997 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sekolah di SDN KALIASIN III Surabaya (2002-2008), SMPN 37 Surabaya (2008-2011), dan SMAN 21 Surabaya (2011-2014). Setelah menyelesaikan pendidikan menengah, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sejak tahun 2014 hingga 2018. Selama menempuh pendidikan sarjana, penulis pernah melakukan kerja praktik di PT. Pupuk Kaltim Bontang dan ditempatkan pada Divisi Pelabuhan dan Distribusi. Penulis juga aktif di berbagai organisasi seperti HIMASEATRANS dan Pemandu LKMM TM ITS 2018. Penulis diamanahi sebagai Staff Hublu Himaseatrans Periode 2015/2016. Pada saat yang bersamaan penulis juga aktif sebagai Pemandu Samudera 8 FTK. Kemudian pada tahun berikutnya penulis diamanahi sebagai Kepala Departemen Hubungan Luar Himaseatrans FTK ITS periode 2016/2017. Penulis juga pernah mendapatkan beberapa penghargaan diantaranya salah satu penerima beasiswa dari salah satu badan klasifikasi kapal ternama dunia yakni *American Bureau Shipping* (ABS) *Scholarship* pada tahun 2016. Serta mendapatkan 1<sup>st</sup> *Place* dalam perlombaan yang diselenggarakan oleh salah satu badan klasifikasi kapal terbaik dunia yaitu Nippon Kaiji Kyokai (ClassNK) bernama “Class NK Award” Pada tahun 2017. Pada tahun terakhir penulis (Tahun 2018), penulis bergabung dengan Tim Pemandu LKMM TM ITS yang bernama “Pemandu Bumi” dan menjadi Pemandu ke- 11 LKMM TM ITS.

Untuk berkomunikasi dapat melalui email: [nadhirazw@gmail.com](mailto:nadhirazw@gmail.com)

## **LAMPIRAN**

- 1. Kedatangan Kapal Tahun 2017**
- 2. Waktu Tunggu Hingga Persiapan Kapal Tahun 2017**
- 3. Data *Idle Time* Tahun 2017**
- 4. Data *Effective Time* Tahun 2017**
- 5. Hasil Simulasi Kondisi Eksisting**
- 6. Hasil Simulasi Skenario Perbaikan**
- 7. Input Perubahan Interval Kedatangan Kapal**
- 8. Hasil Simulasi Perubahan Interval Kedatangan Kapal dan Produktivitas**

## Lampiran 1 Data Kedatangan Kapal Tahun 2017

No	Nama	Bendera	DWT	Jam Datang	Muatan
1	MV. UNISON STAR	HONGKONG	38.190	15/12/2016 07.40	22500,41
2	KM. AZZAHRA	RI	42.842	17/12/2016 13.00	29998,02
3	MV. THANH BA	VIETNAM	7.445	25/12/2016 05.20	6594,26
4	MV. NEW CREATION	PANAMA	35.283	25/12/2016 16.48	31880,28
5	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	27/12/2016 03.00	22745,36
6	MV. VIEN DONG 5	VIETNAM	6.509	28/12/2016 08.00	5672,28
7	MV. LAN HA	VIETNAM	13.317	30/12/2016 09.00	12551,70
8	MV. TRUONG MINH OCEAN	VIETNAM	13.254	02/01/2017 22.00	10940,05
9	MV. OCEAN VICTORY	PANAMA	28.386	05/01/2017 06.00	18932,42
10	MV. MY HUNG	VIETNAM	6.500	09/01/2017 23.40	5420,54
11	MV. INTER GRACE	KOREA	8.924	10/01/2017 06.35	6588,92
12	KM. BERKAH 36	RI	26.849	11/01/2017 15.00	20234,00
13	MV. VIEN DONG 3	VIETNAM	6.523	14/01/2017 23.45	5400,57
14	KM. THAI BINH 28	VIETNAM	7.060	16/01/2017 14.00	5980,22
15	MV. ISA LUCKY	RI	26.650	18/01/2017 14.30	23259,85
16	KM. BESAKIH	RI	5.120	24/01/2017 03.00	4249,93
17	MV. ISA LUCKY	RI	26.650	24/01/2017 13.00	26724,76
18	MV. HAI PHUONG SEA	VIETNAM	5.088	24/01/2017 22.30	3502,24
19	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	11.161	27/01/2017 13.00	7833,53
20	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	28/01/2017 21.30	30917,78
21	KM. NAZIHA	RI	48.369	29/01/2017 16.24	42421,56
22	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	6.457	29/01/2017 17.00	5326,83
23	MV. ISA LUCKY	RI	26.650	09/02/2017 19.30	24340,64
24	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	11.161	13/02/2017 13.00	8512,00
25	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	13/02/2017 13.00	37235,08
26	KM. AZZAHRA	RI	42.842	14/02/2017 07.30	38072,79
27	KM. BESAKIH	RI	5.120	16/02/2017 22.30	4301,35
28	KM. ABUSAMAH	RI	11.181	22/02/2017 13.00	8941,71
29	MV. ISA LUCKY	RI	26.650	24/02/2017 11.25	19953,24
30	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	11.161	28/02/2017 12.30	8122,02
31	KM. TIRTA SAMUDRA XXVIII	RI	3.400	03/03/2017 13.00	3009,62
32	MV. ISA GLORY	RI	23.796	06/03/2017 09.05	21822,56
33	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	6.457	08/03/2017 01.48	5503,46
34	KM. ABUSAMAH	RI	11.181	08/03/2017 13.00	8686,51
35	KM. BESAKIH	RI	5.120	09/03/2017 06.08	4782,28
36	MV. FU QIANG	BELIZE	7.751	13/03/2017 05.20	6344,14
37	KM. AZZAHRA	RI	42.842	15/03/2017 08.00	38214,03
38	MV. HAI PHONG 18	VIETNAM	4.374	16/03/2017 23.50	3223,77
39	MV. MY HUNG	VIETNAM	6.500	20/03/2017 05.40	5436,50
40	MV. DMC VENUS	VIETNAM	6.568	21/03/2017 07.50	5400,57

No	Nama	Bendera	DWT	Jam Datang	Muatan
41	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	22/03/2017 13.00	30681,52
42	KM. BERKAH LESTARI	RI	7.921	24/03/2017 13.00	6886,61
43	KM. ABUSAMAH	RI	11.181	25/03/2017 13.00	8563,94
44	MV. HAI PHONG 18	HONGKONG	4.374	05/04/2017 23.40	5338,84
45	MV. VSG DREAM	PANAMA	7.748	08/04/2017 00.50	6238,35
46	KM. ABUSAMAH	RI	11.181	08/04/2017 13.00	8412,37
47	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	11/04/2017 11.20	29194,85
48	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	12/04/2017 00.00	34537,54
49	KM. NADHIF	RI	53.125	20/04/2017 14.51	45622,52
50	KM. BERKAH 99	RI	48.220	23/04/2017 05.54	31282,53
51	KM. KENCANA	RI	3.566	29/04/2017 07.30	3230,85
52	MV. ROYAL 45	VIETNAM	4.374	10/05/2017 08.00	2706,26
53	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	6.457	11/05/2017 00.54	5444,74
54	MV. ISA LUCKY	RI	26.650	11/05/2017 03.15	23298,45
55	KM. BERKAH LESTARI	RI	7.921	14/05/2017 07.00	6749,69
56	KM. BESAKIH	RI	5.120	21/05/2017 06.30	4880,35
57	KM. BERKAH 36	RI	26.849	21/05/2017 13.00	26122,76
58	MV. ISA GLORY	RI	23.796	24/05/2017 15.30	21102,59
59	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	28/05/2017 18.55	22125,26
60	MV. PIONEER B	MONGOLIA	8.689	30/05/2017 02.00	6548,24
61	KM. PUTERI KIRANA	RI	43.598	06/06/2017 00.15	32263,06
62	KM. BERKAH LESTARI	RI	7.921	07/06/2017 01.25	7004,82
63	KM. BESAKIH	RI	5.120	08/06/2017 11.00	4558,47
64	MV. MILESTONE	HONGKONG	7.758	10/06/2017 10.44	5720,74
65	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	14/06/2017 04.30	29350,67
66	MV. HOA BINH 45	VIETNAM	4.207	17/06/2017 01.30	3510,70
67	KM. AZZAHRA	RI	42.842	17/06/2017 13.00	38061,57
68	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	6.457	21/06/2017 13.00	5417,41
69	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	23/06/2017 02.00	33436,28
70	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	23/06/2017 13.00	30427,70
71	MV. MILESTONE	HONGKONG	7.758	02/07/2017 16.55	6111,77
72	KM. BERKAH 36	RI	26.849	05/07/2017 13.00	26440,06
73	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	06/07/2017 10.24	29412,87
74	MV. HAI BINH 16	VIETNAM	4.375	09/07/2017 14.25	3000,71
75	KM. BESAKIH	RI	5.120	11/07/2017 13.00	4156,75
76	KM. KENCANA	RI	3.566	12/07/2017 12.30	3082,64
77	MV. GRAND PESCADORES	PANAMA	8.595	15/07/2017 17.20	6092,06
78	MV. TAY SON 1	VIETNAM	13.394	17/07/2017 23.30	12558,93
79	MV. SHINNING PESCADORES	PANAMA	8.595	19/07/2017 19.42	6530,03
80	MV. ISA GLORY	RI	23.796	20/07/2017 21.00	20314,65
81	MV. HAI PHONG 16	VIETNAM	5.360	21/07/2017 14.00	4091,88
82	KM. PUTERI SEJATI	RI	48.183	23/07/2017 23.34	39723,10
83	MV. UNICORN LOGGER	PANAMA	8.725	24/07/2017 22.00	6432,12

No	Nama	Bendera	DWT	Jam Datang	Muatan
84	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	26/07/2017 09.00	24456,37
85	KM. MUTIA LADJONI 9	RI	7.194	26/07/2017 17.10	5797,82
86	MV. CSC RONG HAI	HONGKONG	8.349	27/07/2017 23.46	6528,92
87	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	31/07/2017 00.00	29732,68
88	MV. SEIYO GODDES	HONGKONG	12.217	31/07/2017 07.45	6218,53
89	KM. KENCANA	RI	3.566	02/08/2017 05.30	3221,26
90	MV. DA YANG BAI LI	CHINA	8.463	08/08/2017 18.30	8176,94
91	MV. VINALINES MIGHT Y	VIETNAM	22.500	10/08/2017 07.00	19811,03
92	MV. GRAND PESCADORES	PANAMA	8.595	15/08/2017 21.10	6543,08
93	MV. VINH AN	VIETNAM	6.665	19/08/2017 13.45	4347,43
94	MV. AQUAMARINE	VIETNAM	6.517	20/08/2017 13.24	5809,84
95	KM. AZZAHRA	RI	42.842	21/08/2017 05.48	39153,78
96	MV. SEA STAR	KOREA	7.732	23/08/2017 07.00	6600,00
97	MV. VICTORIA 09	VIETNAM	5.240	23/08/2017 19.30	4189,39
98	MV. SEIYO SPIRIT	PANAMA	8.514	26/08/2017 14.00	8100,29
99	KM. KENCANA	RI	3.566	31/08/2017 08.35	3095,49
100	MV. QUANG MINH 5	VIETNAM	4.375	01/09/2017 15.00	3203,13
101	MV. ISA WINTER	RI	12.349	03/09/2017 13.00	10473,32
102	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	05/09/2017 09.00	40496,69
103	MV. VINH AN	VIETNAM	6.665	05/09/2017 17.30	5553,84
104	MV. AFFLUENT OCEAN	PANAMA	8.747	05/09/2017 19.30	6539,89
105	MV. MEGA STAR	KOREA	8.143	10/09/2017 13.48	6555,16
106	KM. BESAKIH	RI	5.120	19/09/2017 10.06	4519,24
107	MV. SEA PALACE	THAILAND	8.527	19/09/2017 10.06	6557,24
108	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	20/09/2017 14.00	29343,11
109	MV. ISA GLORY	RI	23.796	21/09/2017 13.00	20730,01
110	MV. SINO 5	PANAMA	7.573	22/09/2017 11.48	6551,85
111	MV. HUI FENG 9	BELIZE	6.830	22/09/2017 14.45	5947,42
112	MV. TAN BINH 89	VIEYNAM	6.829	22/09/2017 18.00	5778,39
113	MV. OCEAN LOHAS	PANAMA	12.248	23/09/2017 10.40	10900,96
114	MV. MEGA STAR	KOREA	8.143	24/09/2017 08.50	6677,22
115	KM. PUSRI INDONESIA	RI	11.196	24/09/2017 13.00	8004,03
116	MV. MILESTONE	HONGKONG	7.758	29/09/2017 08.06	6562,79
117	MV. VINH AN	VIETNAM	6.665	29/09/2017 12.45	5694,68
118	KM. AZZAHRA	RI	42.842	30/09/2017 19.30	36022,89
119	MV. MCP KOPENHAGEN	LIBERIA	7.853	05/10/2017 08.30	6212,57
120	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	06/10/2017 12.00	39841,51
121	MV. TAY SON 4	VIETNAM	13.303	13/10/2017 06.48	12240,35
122	KM. PUSRI INDONESIA	RI	11.196	13/10/2017 23.00	8464,74
123	KM. BERKAH LESTARI	RI	7.921	14/10/2017 16.00	6918,67
124	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	17/10/2017 06.18	27761,05
125	MV. VSG DREAM	PANAMA	7.748	21/10/2017 15.30	6257,70
126	KM. AZZAHRA	RI	42.842	29/10/2017 14.42	38007,71

No	Nama	Bendera	DWT	Jam Datang	Muatan
127	KM. PUSRI INDONESIA	RI	11.196	05/11/2017 09.00	8052,84
128	MV. AMP DIAMOND	CHINA	8.631	05/11/2017 20.40	5957,62
129	MV. ISA GLORY	RI	23.796	10/11/2017 03.00	22711,05
130	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	10/11/2017 20.42	25773,37
131	MV. SEA HONOUR	THAILAND	8.663	13/11/2017 18.00	6514,49
132	KM. PUSRI INDONESIA	RI	11.196	17/11/2017 17.30	8098,67
133	KM. PUTERI SEJATI	RI	48.183	19/11/2017 16.35	35194,24
134	KM. NADHIF	RI	53.125	21/11/2017 10.50	25008,73
135	KM. KENCANA	RI	3.566	24/11/2017 03.10	3271,44
136	MV. ISA EXPRESS	RI	45.734	24/11/2017 13.00	36921,32
137	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	25/11/2017 13.00	28226,96
138	MV. ISA LUCKY	RI	26.650	25/11/2017 17.25	23983,55
139	KM. PUTERI KIRANA	RI	43.598	04/12/2017 11.15	37647,53
140	KM. PUSRI INDONESIA	RI	11.196	04/12/2017 13.00	8233,52
141	KM. NADHIF	RI	53.125	12/12/2017 23.30	45769,63
142	MV. ZALEHA FITRAT	RI	43.594	13/12/2017 09.00	38211,22
143	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35.287	15/12/2017 13.00	29054,55
144	MV. SEA HONOUR	THAILAND	8.663	20/12/2017 00.30	6214,61
145	KM. PUSRI INDONESIA	RI	11.196	23/12/2017 02.00	8758,16

## Lampiran 2 Data Waktu Tunggu hingga Persiapan Per Kapal

No	Nama	Bendera	WT	ATawal	NOTawal	NOT-3	NOT Sesudah	AT Akhir
1	MV. UNISON STAR	HONGKONG	277,10	2,23	11,25	21,43	0,42	0,00
2	KM. AZZAHRA	RI	53,50	0,70	8,83	88,75	0,20	37,75
3	MV. THANH BA	VIETNAM	63,42	1,25	7,67	31,45	0,50	0,00
4	MV. NEW CREATION	PANAMA	231,70	2,50	15,42	51,73	2,50	12,75
5	KM. GOLDEN OCEAN	RI	252,50	1,17	3,92	34,95	1,00	10,00
6	MV. VIEN DONG 5	VIETNAM	148,60	1,60	5,88	17,77	0,25	1,42
7	MV. LAN HA	VIETNAM	388,00	1,50	5,17	3,33	1,00	0,83
8	MV. TRUONGMINH OCEAN	VIETNAM	304,17	1,67	14,67	4,22	2,50	0,00
9	MV. OCEAN VICTORY	PANAMA	369,08	0,92	9,08	16,33	0,50	0,00
10	MV. MY HUNG	VIETNAM	8,17	2,50	5,67	11,83	1,50	0,00
11	MV. INTER GRACE	KOREA	56,62	1,80	4,50	36,67	1,50	0,00
12	KM. BERKAH 36	RI	66,50	0,75	3,42	35,33	0,17	0,00
13	MV. VIEN DONG 3	VIETNAM	90,75	1,40	5,52	23,92	1,50	0,00
14	KM. THAI BINH 28	VIETNAM	139,17	1,17	6,25	30,58	1,17	0,00
15	MV. ISA LUCKY	RI	51,50	1,42	7,50	35,83	1,00	0,00
16	KM. BESAKIH	RI	62,00	1,00	4,58	20,50	1,00	0,00
17	MV. ISA LUCKY	RI	47,17	1,00	6,33	3,33	1,58	1,00
18	MV. HAI PHUONG SEA	VIETNAM	0,25	1,25	7,87	17,50	1,00	0,00
19	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	23,00	1,08	2,25	19,88	0,50	3,00
20	KM. GOLDEN OCEAN	RI	75,50	1,08	1,42	0,00	0,92	0,25
21	KM. NAZIHA	RI	100,82	1,53	2,67	0,00	1,50	0,50
22	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	40,00	1,25	2,58	0,00	1,17	1,00
23	MV. ISA LUCKY	RI	1,50	1,25	2,42	0,00	1,75	0,50
24	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	6,00	1,25	2,00	0,00	1,75	0,50
25	MV. ISA EXPRESS	RI	23,00	1,17	1,83	0,00	1,75	0,50
26	KM. AZZAHRA	RI	48,00	2,00	3,75	0,75	1,50	0,50
27	KM. BESAKIH	RI	91,50	1,25	1,25	0,00	1,67	0,17
28	KM. ABUSAMAH	RI	28,50	0,67	3,42	0,42	0,75	0,25
29	MV. ISA LUCKY	RI	44,92	2,08	7,50	4,50	2,08	0,33
30	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	43,25	0,75	3,27	0,27	1,33	0,33
31	KM. TIRTA SAMUDRA XXVIII	RI	98,00	1,67	3,50	0,50	2,50	0,50
32	MV. ISA GLORY	RI	24,92	0,58	4,92	1,92	0,33	0,50
33	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	246,95	0,75	9,75	6,75	1,33	0,42
34	KM. ABUSAMAH	RI	79,50	1,08	1,75	0,00	1,50	0,50
35	KM. BESAKIH	RI	9,50	1,50	2,17	0,00	0,50	0,33
36	MV. FU QIANG	BELIZE	6,75	1,42	7,50	4,50	1,17	0,50
37	KM. AZZAHRA	RI	0,00	1,33	2,83	0,00	1,33	0,25

No	Nama	Bendera	WT	ATawal	NOTawal	NOT-3	NOT Sesudah	AT Akhir
38	MV. HAI PHONG 18	VIETNAM	9,33	1,33	6,17	3,17	1,50	1,50
39	MV. MY HUNG	VIETNAM	4,28	0,38	7,58	4,58	1,50	0,17
40	MV. DMC VENUS	VIETNAM	5,75	0,92	3,83	0,83	1,75	0,33
41	KM. GOLDEN OCEAN	RI	32,00	1,33	4,00	1,00	2,00	0,33
42	KM. BERKAH LESTARI	RI	5,00	1,00	3,17	0,17	1,17	0,50
43	KM. ABUSAMAH	RI	49,00	1,67	1,17	0,00	1,42	0,67
44	MV. HAI PHONG 18	HONGKONG	9,50	1,17	5,25	2,25	1,50	0,17
45	MV. VSG DREAM	PANAMA	7,17	1,00	7,08	4,08	1,17	0,25
46	KM. ABUSAMAH	RI	70,75	0,58	4,43	1,43	1,50	1,00
47	KM. GOLDEN OCEAN	RI	48,67	1,00	3,67	0,67	1,67	1,50
48	MV. ISA EXPRESS	RI	11,75	1,00	7,42	4,42	1,50	1,50
49	KM. NADHIF	RI	29,35	1,38	4,58	1,58	0,83	1,17
50	KM. BERKAH 99	RI	74,85	2,08	4,83	1,83	1,50	0,50
51	KM. KENCANA	RI	36,00	1,17	1,50	0,00	1,50	0,75
52	MV. ROYAL 45	VIETNAM	2,92	0,75	6,27	3,27	1,25	0,17
53	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	38,10	0,50	3,58	0,58	1,62	0,33
54	MV. ISA LUCKY	RI	4,75	1,75	9,17	6,17	1,58	0,50
55	KM. BERKAH LESTARI	RI	48,00	1,67	2,33	0,00	1,42	1,50
56	KM. BESAKIH	RI	1,75	0,58	2,33	0,00	1,70	0,50
57	KM. BERKAH 36	RI	47,00	1,00	7,25	4,25	2,33	0,50
58	MV. ISA GLORY	RI	0,13	2,20	5,67	2,67	1,00	0,67
59	KM. GOLDEN OCEAN	RI	0,08	0,58	15,17	12,17	1,67	1,00
60	MV. PIONEER B	MONGOLIA	6,25	2,95	9,97	6,97	1,58	1,00
61	KM. PUTERI KIRANA	RI	16,42	1,00	17,00	14,00	1,50	0,50
62	KM. BERKAH LESTARI	RI	31,58	1,12	21,80	18,80	1,50	0,50
63	KM. BESAKIH	RI	141,00	1,25	1,75	0,00	3,50	0,33
64	MV. MILESTONE	HONGKONG	105,57	0,87	11,67	8,67	1,17	0,17
65	KM. GOLDEN OCEAN	RI	30,50	1,25	20,47	17,47	1,75	0,50
66	MV. HOA BINH 45	VIETNAM	7,17	1,92	3,58	0,58	2,17	0,58
67	KM. AZZAHRA	RI	45,83	1,00	3,67	0,67	1,08	0,50
68	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	378,00	1,58	1,42	0,00	1,17	0,33
69	KM. GOLDEN OCEAN	RI	6,00	1,00	6,25	3,25	2,00	0,30
70	MV. ISA EXPRESS	RI	142,50	1,08	7,08	4,08	1,58	0,50
71	MV. MILESTONE	HONGKONG	46,08	1,58	6,75	3,75	1,25	0,50
72	KM. BERKAH 36	RI	51,00	0,83	6,75	3,75	1,42	0,50
73	KM. GOLDEN OCEAN	RI	126,00	1,43	4,17	1,17	1,33	0,67
74	MV. HAI BINH 16	VIETNAM	6,08	1,08	5,75	2,75	2,83	0,50
75	KM. BESAKIH	RI	23,00	1,58	5,50	2,50	1,25	0,42
76	KM. KENCANA	RI	67,50	0,83	3,50	0,50	1,33	0,25
77	MV. GRAND PESCADORES	PANAMA	42,03	1,30	14,83	11,83	1,33	0,25
78	MV. TAY SON 1	VIETNAM	17,50	2,17	4,50	1,50	1,33	0,33
79	MV. SHINNING PESCADORES	PANAMA	12,05	1,50	10,58	7,58	0,92	0,50



No	Nama	Bendera	WT	ATawal	NOTawal	NOT-3	NOT Sesudah	AT Akhir
80	MV. ISA GLORY	RI	158,50	0,83	4,83	1,83	1,58	0,75
81	MV. HAI PHONG 16	VIETNAM	65,50	1,17	7,33	4,33	1,33	0,33
82	KM. PUTERI SEJATI	RI	85,27	1,47	3,37	0,37	1,33	0,50
83	MV. UNICORN LOGGER	PANAMA	9,83	1,37	5,55	2,55	1,83	0,25
84	MV. ISA EXPRESS	RI	249,50	1,00	10,83	7,83	1,83	0,58
85	KM. MUTIA LADJONI 9	RI	287,83	1,17	3,83	0,83	1,33	0,50
86	MV. CSC RONG HAI	HONGKONG	84,55	1,27	7,25	4,25	2,25	0,50
87	KM. GOLDEN OCEAN	RI	456,00	9,67	5,50	2,50	1,42	0,83
88	MV. SEIYO GODDES	HONGKONG	61,17	1,75	7,67	4,67	1,50	0,33
89	KM. KENCANA	RI	133,00	0,67	4,50	1,50	1,67	0,50
90	MV. DA YANG BAI LI	CHINA	141,42	1,33	7,83	4,83	1,17	0,50
91	MV. VINALINES MIGHTY	VIETNAM	58,25	2,75	4,00	1,00	2,33	0,25
92	MV. GRAND PESCADORES	PANAMA	108,33	1,33	8,33	5,33	0,92	0,25
93	MV. VINH AN	VIETNAM	94,75	0,00	4,92	1,92	1,42	0,42
94	MV. AQUAMARINE	VIETNAM	2,40	1,30	4,40	1,40	1,75	0,50
95	KM. AZZAHRA	RI	323,00	1,50	11,53	8,53	1,27	0,17
96	MV. SEA STAR	KOREA	2,92	1,42	4,50	1,50	2,00	0,42
97	MV. VICTORIA 09	VIETNAM	11,00	3,00	10,08	7,08	2,00	0,33
98	MV. SEIYO SPIRIT	PANAMA	4,17	1,20	7,90	4,90	1,97	0,50
99	KM. KENCANA	RI	334,42	13,00	0,83	0,00	1,08	0,50
100	MV. QUANG MINH 5	VIETNAM	4,33	1,33	3,33	0,33	1,50	0,50
101	MV. ISA WINTER	RI	101,00	1,25	2,17	0,00	0,75	0,00
102	MV. ISA EXPRESS	RI	195,75	1,00	6,58	3,58	1,58	0,67
103	MV. VINH AN	VIETNAM	0,50	1,50	4,08	1,08	0,92	0,42
104	MV. AFFLUENT OCEAN	PANAMA	0,90	1,27	6,02	3,02	1,67	0,58
105	MV. MEGA STAR	KOREA	0,78	1,12	7,38	4,38	1,50	0,25
106	KM. BESAKIH	RI	37,00	1,33	1,00	0,00	0,08	0,00
107	MV. SEA PALACE	THAILAND	0,00	1,10	6,35	3,35	1,33	0,33
108	KM. GOLDEN OCEAN	RI	20,50	1,58	6,00	3,00	10,25	0,42
109	MV. ISA GLORY	RI	214,50	1,00	10,17	7,17	2,00	0,50
110	MV. SINO 5	PANAMA	4,40	1,40	8,00	5,00	1,58	0,58
111	MV. HUI FENG 9	BELIZE	54,08	1,03	16,00	13,00	1,52	0,33
112	MV. TAN BINH 89	VIEYNAM	113,00	1,17	6,00	3,00	1,50	0,70
113	MV. OCEAN LOHAS	PANAMA	120,67	1,42	11,50	8,50	2,08	0,50
114	MV. MEGA STAR	KOREA	222,75	1,17	9,83	6,83	1,17	0,25
115	KM. PUSRI INDONESIA	RI	169,50	1,00	4,58	1,58	1,33	0,58
116	MV. MILESTONE	HONGKONG	155,82	1,67	7,67	4,67	1,67	0,33
117	MV. VINH AN	VIETNAM	142,42	1,58	2,83	0,00	1,50	0,67
118	KM. AZZAHRA	RI	134,50	1,25	5,92	2,92	1,33	0,50
119	MV. MCP KOPENHAGEN	LIBERIA	81,40	2,33	8,00	5,00	2,17	0,50
120	MV. ISA EXPRESS	RI	52,50	1,00	6,93	3,93	1,50	0,50
121	MV. TAY SON 4	VIETNAM	84,00	1,80	8,12	5,12	1,25	0,25

No	Nama	Bendera	WT	ATawal	NOTawal	NOT-3	NOT Sesudah	AT Akhir
122	KM. PUSRI INDONESIA	RI	178,00	1,00	1,33	0,00	1,83	0,50
123	KM. BERKAH LESTARI	RI	162,00	1,08	1,08	0,00	0,25	0,33
124	KM. GOLDEN OCEAN	RI	0,95	1,17	5,75	2,75	2,42	0,50
125	MV. VSG DREAM	PANAMA	97,50	1,00	7,92	4,92	1,50	0,33
126	KM. AZZAHRA	RI	20,13	1,50	5,58	2,58	1,87	0,35
127	KM. PUSRI INDONESIA	RI	0,00	1,17	1,17	0,00	1,50	0,50
128	MV. AMP DIAMOND	CHINA	13,08	1,35	10,98	7,98	2,00	0,33
129	MV. ISA GLORY	RI	14,67	1,00	2,50	0,00	1,50	0,22
130	KM. GOLDEN OCEAN	RI	12,50	1,90	8,90	5,90	1,25	0,50
131	MV. SEA HONOUR	THAILAND	15,42	1,40	9,83	6,83	1,00	0,17
132	KM. PUSRI INDONESIA	RI	0,00	1,00	7,58	4,58	1,25	0,75
133	KM. PUTERI SEJATI	RI	45,58	1,83	3,17	0,17	2,00	0,50
134	KM. NADHIF	RI	0,00	0,50	3,00	0,00	1,92	0,50
135	KM. KENCANA	RI	7,00	1,17	1,17	0,00	1,42	0,50
136	MV. ISA EXPRESS	RI	91,75	1,00	6,08	3,08	2,00	0,50
137	KM. GOLDEN OCEAN	RI	52,75	1,00	3,17	0,17	1,08	0,50
138	MV. ISA LUCKY	RI	186,50	1,75	3,08	0,08	1,50	0,63
139	KM. PUTERI KIRANA	RI	28,92	1,00	1,67	0,00	1,50	0,50
140	KM. PUSRI INDONESIA	RI	19,83	0,00	2,83	0,00	1,50	0,33
141	KM. NADHIF	RI	13,50	1,33	1,67	0,00	1,67	0,17
142	MV. ZALEHA FITRAT	RI	33,00	1,33	5,50	2,50	0,67	0,50
143	KM. GOLDEN OCEAN	RI	69,00	1,33	3,50	0,50	1,50	0,25
144	MV. SEA HONOUR	THAILAND	7,80	1,30	5,82	2,82	1,50	0,50
145	KM. PUSRI INDONESIA	RI	7,20	1,47	3,17	0,17	0,50	0,50

## Lampiran 3 Data IT

No	Nama	IT Nganggur	IT Cuaca	IT Alat	IT Shifting	IT Trimming	IT Pindah Palkah	IT nunggu muatan
1	KM. AZZAHRA	88,75	192,17	37,75	3,50	2,17	0,00	0,00
2	MV. UNISON STAR	21,43	76,70	0,00	2,00	7,52	2,75	0,00
3	MV. THANH BA	31,45	90,67	0,00	3,00	0,50	10,25	0,00
4	MV. VIEN DONG 5	17,77	91,98	1,42	0,00	6,75	3,75	0,00
5	MV. NEW CREATION	51,73	93,55	12,75	0,67	9,25	6,58	0,00
6	KM. GOLDEN OCEAN	34,95	41,83	10,00	2,33	0,00	0,00	0,00
7	MV. MY HUNG	11,83	0,00	0,00	0,00	1,50	8,92	0,00
8	MV. INTER GRACE	36,67	12,00	0,00	0,00	0,00	4,92	0,00
9	KM. BERKAH 36	35,33	42,50	0,00	1,58	0,00	0,00	0,00
10	MV. LAN HA	3,33	42,75	0,83	0,00	3,67	5,92	7,42
11	MV. TRUONG MINH OCEAN	4,22	23,42	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
12	MV. VIEN DONG 3	23,92	31,33	0,00	1,17	0,00	3,33	0,00
13	MV. OCEAN VICTORY	16,33	58,33	0,00	0,00	0,00	4,75	0,00
14	MV. ISA LUCKY	35,83	32,17	0,00	1,67	0,00	0,08	0,00
15	KM. THAI BINH 28	30,58	15,33	0,00	0,17	0,00	1,92	0,00
16	MV. HAI PHUONG SEA	17,50	5,03	0,00	0,00	0,00	1,08	0,00
17	KM. BESAKIH	20,50	0,00	0,00	0,58	0,00	2,58	0,00
18	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	19,88	31,93	3,00	0,00	0,00	0,95	0,00
19	MV. ISA LUCKY	36,17	60,17	1,17	1,42	0,00	0,00	0,00
20	KM. CAKRA KEMBAR SATU	33,00	41,08	3,50	0,83	5,42	0,00	0,00
21	KM. GOLDEN OCEAN	0,92	62,73	0,00	0,67	0,00	3,75	0,00
22	KM. NAZIHA	26,92	50,92	4,50	6,17	0,00	0,00	0,00
23	MV. ISA LUCKY	12,40	0,00	2,83	3,17	2,58	6,87	0,00
24	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	6,50	7,80	0,00	0,00	0,00	3,17	0,00
25	MV. ISA EXPRESS	22,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	KM. AZZAHRA	26,98	81,92	0,67	5,57	8,28	7,55	0,00
27	KM. BESAKIH	17,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
28	KM. ABUSAMAH	11,42	1,75	0,00	0,00	3,58	2,33	0,00
29	MV. ISA LUCKY	63,72	13,67	0,00	0,00	0,00	1,08	100,08
30	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	17,40	8,08	0,00	0,00	0,00	4,00	0,00
31	MV. ISA GLORY	15,27	22,40	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
32	KM. TIRTA SAMUDRA XXVIII	35,17	7,92	2,67	0,00	0,00	0,00	0,00
33	KM. BESAKIH	5,50	0,00	12,83	1,67	0,00	1,08	0,00
34	KM. ABUSAMAH	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35	MV. FU QIANG	13,50	9,42	0,92	0,00	0,00	0,92	0,00
36	KM. AZZAHRA	26,08	50,67	0,00	3,75	0,00	10,67	0,00
37	MV. HAI PHONG 18	5,50	4,50	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00
38	KM. CAKRA KEMBAR SATU	3,50	15,25	0,00	2,08	1,83	1,22	0,00

No	Nama	IT Nganggur	IT Cuaca	IT Alat	IT Shifting	IT Trimming	IT Pindah Palkah	IT nunggu muatan
39	MV. MY HUNG	17,42	20,83	0,00	0,00	2,50	2,92	0,00
40	MV. DMC VENUS	7,75	7,58	0,00	0,00	5,20	3,83	0,00
41	KM. GOLDEN OCEAN	30,33	18,83	2,08	2,33	0,00	1,83	0,00
42	KM. BERKAH LESTARI	6,00	7,67	1,42	0,00	0,00	3,17	6,83
43	KM. ABUSAMAH	21,17	0,00	10,92	0,00	0,00	9,50	0,00
44	MV. HAI PHONG 18	8,17	4,50	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00
45	MV. VSG DREAM	9,83	23,58	0,00	0,00	0,58	3,25	0,00
46	KM. ABUSAMAH	7,57	11,88	0,17	0,00	0,00	6,15	0,00
47	MV. ISA EXPRESS	20,08	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	KM. GOLDEN OCEAN	11,05	28,17	0,00	1,95	1,33	6,65	0,00
49	KM. NADHIF	5,28	56,80	13,67	0,00	9,92	19,02	0,00
50	KM. BERKAH 99	46,45	36,10	2,83	2,33	0,00	3,25	0,00
51	KM. KENCANA	50,33	0,00	3,80	0,00	0,00	0,00	0,00
52	MV. ROYAL 45	11,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	0,00
53	MV. ISA LUCKY	42,17	12,50	0,00	3,08	0,75	0,00	1,25
54	KM. CAKRA KEMBAR SATU	33,62	9,00	59,42	0,00	5,72	0,00	0,00
55	KM. BERKAH LESTARI	3,83	15,33	0,00	9,83	0,00	1,17	0,00
56	KM. BESAKIH	16,00	8,33	3,50	0,00	0,00	0,83	0,00
57	KM. BERKAH 36	22,67	32,42	1,42	0,00	3,50	0,00	0,00
58	MV. ISA GLORY	1,67	27,67	0,00	2,42	0,00	4,33	0,00
59	KM. GOLDEN OCEAN	56,00	53,67	30,35	0,42	0,00	3,03	5,33
60	MV. PIONEER B	12,17	7,00	0,00	0,00	0,00	8,13	0,00
61	KM. PUTERI KIRANA	9,17	62,17	4,08	0,00	8,58	6,67	0,00
62	KM. BERKAH LESTARI	7,50	80,08	15,50	0,00	0,00	3,00	0,00
63	MV. MILESTONE	24,17	5,17	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00
64	KM. BESAKIH	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
65	KM. GOLDEN OCEAN	13,42	47,92	6,25	1,33	0,00	3,33	0,00
66	MV. HOA BINH 45	10,83	9,25	0,00	0,00	0,00	1,67	0,00
67	KM. GOLDEN OCEAN	28,50	11,50	0,00	2,25	0,00	2,00	11,00
68	KM. AZZAHRA	32,75	66,00	127,58	7,75	0,00	7,08	0,00
69	MV. ISA EXPRESS	35,42	26,42	0,00	1,17	0,00	4,22	0,00
70	MV. MILESTONE	11,10	9,73	7,92	0,00	0,00	0,67	0,00
71	KM. CAKRA KEMBAR SATU	20,50	18,22	0,00	0,00	1,08	2,33	0,00
72	KM. BERKAH 36	41,70	41,92	4,42	13,00	3,67	0,00	0,00
73	MV. HAI BINH 16	18,25	0,83	0,00	0,00	0,00	0,92	0,00
74	KM. GOLDEN OCEAN	7,17	74,25	3,08	1,83	1,67	7,83	0,00
75	KM. BESAKIH	56,00	7,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
76	KM. KENCANA	8,50	6,83	2,00	0,00	0,00	1,42	10,17
77	MV. GRAND PESCADORES	15,33	51,45	8,50	0,00	0,00	1,83	0,00
78	MV. TAY SON 1	31,85	31,33	3,23	0,00	1,50	9,58	0,00
79	MV. SHINNING PESCADORES	22,42	26,73	4,17	0,00	0,00	3,08	0,00
80	MV. HAI PHONG 16	27,68	19,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

No	Nama	IT Nganggur	IT Cuaca	IT Alat	IT Shifting	IT Trimming	IT Pindah Palkah	IT nunggu muatan
81	MV. UNICORN LOGGER	10,08	4,00	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
82	MV. ISA GLORY	19,17	2,00	0,00	1,08	0,00	0,00	0,00
83	KM. PUTERI SEJATI	44,58	38,42	39,42	4,08	1,33	5,67	0,00
84	MV. CSC RONG HAI	12,50	9,67	0,00	0,00	0,00	1,17	0,00
85	MV. SEIYO GODDES	21,17	19,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
86	MV. ISA EXPRESS	91,97	51,17	74,25	1,75	0,00	0,00	29,00
87	KM. KENCANA	35,05	20,48	1,77	0,00	0,00	0,00	86,88
88	KM. MUTIA LADJONI 9	25,25	9,75	50,42	0,00	0,00	1,92	0,00
89	MV. VINALINES MIGHTY	13,42	93,83	3,42	0,00	0,00	9,67	0,00
90	MV. DA YANG BAI LI	4,08	65,50	1,17	0,00	3,17	1,58	0,00
91	MV. AQUAMARINE	9,83	21,92	0,00	0,00	2,17	4,50	0,00
92	MV. GRAND PESCADORES	9,50	34,17	0,00	0,00	0,00	3,08	0,00
93	MV. VINH AN	18,00	4,25	0,00	0,00	0,00	8,88	1,00
94	MV. VICTORIA 09	18,92	0,00	0,00	0,00	0,00	1,42	0,00
95	MV. SEIYO SPIRIT	24,60	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
96	MV. SEA STAR	32,25	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
97	KM. GOLDEN OCEAN	91,00	42,00	12,08	3,92	0,00	2,42	0,00
98	MV. QUANG MINH 5	6,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00
99	KM. AZZAHRA	44,75	61,00	3,75	3,33	0,00	0,00	0,00
100	MV. VINH AN	13,75	0,00	2,67	0,00	0,00	4,25	0,00
101	MV. AFFLUENT OCEAN	15,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,58	0,00
102	MV. ISA WINTER	28,83	3,85	0,00	0,00	0,00	7,23	0,00
103	MV. MEGA STAR	18,78	12,92	0,75	0,00	0,00	2,42	0,00
104	MV. ISA EXPRESS	25,83	23,33	0,08	0,00	0,00	5,75	0,00
105	KM. KENCANA	13,58	11,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
106	KM. BESAKIH	16,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
107	MV. SEA PALACE	8,05	2,08	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00
108	KM. GOLDEN OCEAN	3,75	33,50	0,00	0,00	3,50	10,50	0,00
109	MV. SINO 5	11,82	12,50	0,33	0,00	0,00	1,33	0,00
110	MV. HUI FENG 9	25,70	7,42	0,00	0,00	0,00	0,67	0,00
111	MV. TAN BINH 89	16,38	14,92	1,00	0,00	1,45	5,75	0,00
112	MV. OCEAN LOHAS	20,85	16,08	0,00	0,00	0,00	2,25	0,00
113	MV. ISA GLORY	12,95	13,42	18,52	1,67	0,00	5,58	0,00
114	KM. PUSRI INDONESIA	8,00	9,17	0,00	0,00	0,00	6,50	0,00
115	MV. MEGA STAR	10,82	8,42	0,00	0,00	0,00	4,07	0,00
116	MV. VINH AN	4,83	2,17	0,00	0,00	3,75	4,10	0,00
117	MV. MILESTONE	13,83	0,00	14,92	0,00	0,00	1,92	0,00
118	KM. AZZAHRA	29,58	42,67	17,42	2,50	0,00	0,00	0,00
119	MV. MCP KOPENHAGEN	9,10	10,67	6,83	0,08	1,83	3,03	0,00
120	MV. ISA EXPRESS	21,83	16,95	8,33	0,00	1,17	9,03	0,00
121	MV. TAY SON 4	24,63	19,73	0,00	0,00	0,00	5,83	0,00
122	KM. GOLDEN OCEAN	15,75	36,00	2,83	0,67	0,67	7,35	0,00

No	Nama	IT Nganggur	IT Cuaca	IT Alat	IT Shifting	IT Trimming	IT Pindah Palkah	IT nunggu muatan
123	KM. BERKAH LESTARI	5,67	8,83	52,58	0,42	0,00	3,92	0,00
124	KM. PUSRI INDONESIA	11,83	8,50	70,00	0,00	0,00	10,92	0,00
125	MV. VSG DREAM	16,53	25,50	0,00	0,25	1,00	3,17	0,00
126	KM. AZZAHRA	24,75	31,17	2,83	2,75	4,58	3,60	0,00
127	KM. PUSRI INDONESIA	14,17	0,00	4,58	0,00	0,00	3,92	0,00
128	MV. AMP DIAMOND	5,17	5,00	4,83	0,00	0,00	1,75	2,33
129	KM. GOLDEN OCEAN	18,67	19,42	7,92	0,00	1,08	14,00	0,00
130	MV. ISA GLORY	7,92	46,42	20,25	3,17	0,00	4,50	0,00
131	MV. SEA HONOUR	18,32	23,87	0,00	0,00	0,00	1,83	0,00
132	KM. PUSRI INDONESIA	53,85	28,25	1,83	0,00	0,00	2,92	0,00
133	KM. NADHIF	10,50	45,15	0,00	2,00	0,00	6,58	0,00
134	KM. PUTERI SEJATI	13,00	46,55	0,00	0,25	1,17	4,87	0,00
135	KM. KENCANA	17,67	19,75	0,00	0,00	1,33	0,00	0,00
136	KM. GOLDEN OCEAN	13,58	46,17	0,00	2,42	0,42	6,58	0,00
137	MV. ISA EXPRESS	6,08	40,67	0,00	0,00	0,00	14,50	0,00
138	MV. ISA LUCKY	20,83	41,45	0,00	4,58	0,00	4,75	0,00
139	KM. PUSRI INDONESIA	22,25	20,50	0,00	0,00	0,00	1,92	0,00
140	KM. PUTERI KIRANA	25,92	33,17	0,00	2,83	0,00	7,92	0,00
141	KM. NADHIF	18,08	10,33	0,00	0,00	1,00	13,17	0,00
142	MV. ZALEHA FITRAT	75,33	3,42	0,00	2,17	0,00	0,00	43,33
143	KM. GOLDEN OCEAN	3,50	27,67	5,92	0,00	1,00	10,08	0,00
144	MV. SEA HONOUR	10,08	18,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
145	KM. PUSRI INDONESIA	7,30	3,25	0,00	0,00	6,50	1,75	0,00

## Lampiran 4 Data ET

No	NAMA	BENDERA	ET	ET PERHITUNGAN	DEVIASI
1	KM. AZZAHRA	RI	93,00	30,00	63,00
2	MV. UNISON STAR	HONGKONG	57,02	28,13	28,89
3	MV. THANH BA	VIETNAM	19,63	8,24	11,39
4	MV. VIEN DONG 5	VIETNAM	19,25	7,09	12,16
5	MV. NEW CREATION	PANAMA	75,63	39,85	35,78
6	KM. GOLDEN OCEAN	RI	75,63	22,75	52,89
7	MV. MY HUNG	VIETNAM	18,75	6,78	11,97
8	MV. INTER GRACE	KOREA	14,50	8,24	6,26
9	KM. BERKAH 36	RI	65,25	20,23	45,02
10	MV. LAN HA	VIETNAM	30,67	15,69	14,98
11	MV. TRUONG MINH OCEAN	VIETNAM	27,87	13,68	14,19
12	MV. VIEN DONG 3	VIETNAM	16,50	6,75	9,75
13	MV. OCEAN VICTORY	PANAMA	55,58	23,67	31,92
14	MV. ISA LUCKY	RI	57,75	23,26	34,49
15	KM. THAI BINH 28	VIETNAM	15,17	7,48	7,69
16	MV. HAI PHUONG SEA	VIETNAM	7,85	4,38	3,47
17	KM. BESAKIH	RI	12,00	5,31	6,69
18	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	20,98	9,79	11,19
19	MV. ISA LUCKY	RI	62,33	26,72	35,61
20	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	15,67	6,66	9,01
21	KM. GOLDEN OCEAN	RI	59,52	38,65	20,87
22	KM. NAZIHA	RI	98,08	42,42	55,66
23	MV. ISA LUCKY	RI	39,73	30,43	9,31
24	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	23,53	8,51	15,02
25	MV. ISA EXPRESS	RI	124,00	46,54	77,46
26	KM. AZZAHRA	RI	101,28	38,07	63,21
27	KM. BESAKIH	RI	19,00	5,38	13,62
28	KM. ABUSAMAH	RI	22,83	11,18	11,66
29	MV. ISA LUCKY	RI	32,95	24,94	8,01
30	KM. JULIANTO MOELIODIHARDJO	RI	23,75	8,12	15,63
31	MV. ISA GLORY	RI	53,50	21,82	31,68
32	KM. TIRTA SAMUDRA XXVIII	RI	10,58	3,76	6,82
33	KM. BESAKIH	RI	15,67	5,98	9,69
34	KM. ABUSAMAH	RI	50,67	8,69	41,98
35	MV. FU QIANG	BELIZE	21,58	7,93	13,65
36	KM. AZZAHRA	RI	106,08	47,77	58,32
37	MV. HAI PHONG 18	VIETNAM	9,58	4,03	5,55
38	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	23,37	6,88	16,49
39	MV. MY HUNG	VIETNAM	27,92	6,80	21,12
40	MV. DMC VENUS	VIETNAM	19,55	6,75	12,80

No	NAMA	BENDERA	ET	ET PERHITUNGAN	DEVIASI
41	KM. GOLDEN OCEAN	RI	69,25	30,68	38,57
42	KM. BERKAH LESTARI	RI	20,08	8,61	11,48
43	KM. ABUSAMAH	RI	20,58	8,56	12,02
44	MV. HAI PHONG 18	HONGKONG	9,75	6,67	3,08
45	MV. VSG DREAM	PANAMA	18,50	7,80	10,70
46	KM. ABUSAMAH	RI	10,97	8,41	2,55
47	MV. ISA EXPRESS	RI	84,25	43,17	41,08
48	KM. GOLDEN OCEAN	RI	94,52	29,19	65,32
49	KM. NADHIF	RI	102,95	57,03	45,92
50	KM. BERKAH 99	RI	74,87	31,28	43,58
51	KM. KENCANA	RI	9,20	4,04	5,16
52	MV. ROYAL 45	VIETNAM	7,23	3,38	3,85
53	MV. ISA LUCKY	RI	60,75	29,12	31,63
54	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	12,97	5,44	7,52
55	KM. BERKAH LESTARI	RI	27,42	8,44	18,98
56	KM. BESAKIH	RI	16,47	6,10	10,37
57	KM. BERKAH 36	RI	68,42	32,65	35,76
58	MV. ISA GLORY	RI	46,75	21,10	25,65
59	KM. GOLDEN OCEAN	RI	50,28	22,13	28,16
60	MV. PIONEER B	MONGOLIA	16,95	8,19	8,76
61	KM. PUTERI KIRANA	RI	82,00	40,33	41,67
62	KM. BERKAH LESTARI	RI	21,50	7,00	14,50
63	MV. MILESTONE	HONGKONG	15,67	5,72	9,95
64	KM. BESAKIH	RI	53,50	5,70	47,80
65	KM. GOLDEN OCEAN	RI	77,78	36,69	41,10
66	MV. HOA BINH 45	VIETNAM	7,92	3,51	4,41
67	KM. GOLDEN OCEAN	RI	60,50	41,80	18,70
68	KM. AZZAHRA	RI	109,25	38,06	71,19
69	MV. ISA EXPRESS	RI	121,53	30,43	91,11
70	MV. MILESTONE	HONGKONG	17,00	6,11	10,89
71	KM. CAKRA KEMBAR SATU	RI	14,70	6,77	7,93
72	KM. BERKAH 36	RI	70,13	33,05	37,08
73	MV. HAI BINH 16	VIETNAM	7,33	3,00	4,33
74	KM. GOLDEN OCEAN	RI	92,17	29,41	62,75
75	KM. BESAKIH	RI	77,17	5,20	71,97
76	KM. KENCANA	RI	16,17	3,08	13,08
77	MV. GRAND PESCADORES	PANAMA	25,55	7,62	17,93
78	MV. TAY SON 1	VIETNAM	42,50	15,70	26,80
79	MV. SHINNING PESCADORES	PANAMA	17,85	8,16	9,69
80	MV. HAI PHONG 16	VIETNAM	17,40	4,09	13,31
81	MV. UNICORN LOGGER	PANAMA	22,33	6,43	15,90
82	MV. ISA GLORY	RI	54,00	20,31	33,69



No	NAMA	BENDERA	ET	ET PERHITUNGAN	DEVIASI
83	KM. PUTERI SEJATI	RI	128,50	49,65	78,85
84	MV. CSC RONG HAI	HONGKONG	21,17	6,53	14,64
85	MV. SEIYO GODDES	HONGKONG	16,33	6,22	10,11
86	MV. ISA EXPRESS	RI	93,70	24,46	69,24
87	KM. KENCANA	RI	13,07	4,03	9,04
88	KM. MUTIA LADJONI 9	RI	25,83	7,25	18,59
89	MV. VINALINES MIGHTY	VIETNAM	61,83	19,81	42,02
90	MV. DA YANG BAI LI	CHINA	40,75	10,22	30,53
91	MV. AQUAMARINE	VIETNAM	18,33	7,26	11,07
92	MV. GRAND PESCADORES	PANAMA	23,67	8,18	15,49
93	MV. VINH AN	VIETNAM	11,03	5,43	5,60
94	MV. VICTORIA 09	VIETNAM	15,58	5,24	10,35
95	MV. SEIYO SPIRIT	PANAMA	28,75	10,13	18,62
96	MV. SEA STAR	KOREA	49,92	8,25	41,67
97	KM. GOLDEN OCEAN	RI	207,00	29,73	177,27
98	MV. QUANG MINH 5	VIETNAM	9,30	4,00	5,30
99	KM. AZZAHRA	RI	176,00	39,15	136,85
100	MV. VINH AN	VIETNAM	19,83	6,94	12,89
101	MV. AFFLUENT OCEAN	PANAMA	17,83	8,17	9,66
102	MV. ISA WINTER	RI	19,50	13,09	6,41
103	MV. MEGA STAR	KOREA	21,55	8,19	13,36
104	MV. ISA EXPRESS	RI	76,08	50,62	25,46
105	KM. KENCANA	RI	12,08	3,10	8,99
106	KM. BESAKIH	RI	15,92	5,65	10,27
107	MV. SEA PALACE	THAILAND	16,03	8,20	7,84
108	KM. GOLDEN OCEAN	RI	96,42	29,34	67,07
109	MV. SINO 5	PANAMA	14,33	8,19	6,14
110	MV. HUI FENG 9	BELIZE	8,83	7,43	1,40
111	MV. TAN BINH 89	VIEYNAM	21,33	7,22	14,11
112	MV. OCEAN LOHAS	PANAMA	19,48	13,63	5,86
113	MV. ISA GLORY	RI	54,20	25,91	28,29
114	KM. PUSRI INDONESIA	RI	16,92	10,01	6,91
115	MV. MEGA STAR	KOREA	16,12	8,35	7,77
116	MV. VINH AN	VIETNAM	17,73	7,12	10,61
117	MV. MILESTONE	HONGKONG	25,08	8,20	16,88
118	KM. AZZAHRA	RI	149,33	36,02	113,31
119	MV. MCP KOPENHAGEN	LIBERIA	25,05	7,77	17,28
120	MV. ISA EXPRESS	RI	104,25	49,80	54,45
121	MV. TAY SON 4	VIETNAM	47,33	15,30	32,03
122	KM. GOLDEN OCEAN	RI	95,15	27,76	67,39
123	KM. BERKAH LESTARI	RI	27,17	6,92	20,25
124	KM. PUSRI INDONESIA	RI	12,58	10,58	2,00

No	NAMA	BENDERA	ET	ET PERHITUNGAN	DEVIASI
125	MV. VSG DREAM	PANAMA	21,30	6,26	15,04
126	KM. AZZAHRA	RI	113,82	38,01	75,81
127	KM. PUSRI INDONESIA	RI	24,92	10,07	14,85
128	MV. AMP DIAMOND	CHINA	23,00	5,96	17,04
129	KM. GOLDEN OCEAN	RI	35,67	25,77	9,89
130	MV. ISA GLORY	RI	57,58	28,39	29,19
131	MV. SEA HONOUR	THAILAND	15,33	6,51	8,82
132	KM. PUSRI INDONESIA	RI	18,07	10,12	7,94
133	KM. NADHIF	RI	65,52	25,01	40,51
134	KM. PUTERI SEJATI	RI	79,00	43,99	35,01
135	KM. KENCANA	RI	13,33	4,09	9,24
136	KM. GOLDEN OCEAN	RI	61,33	28,23	33,11
137	MV. ISA EXPRESS	RI	83,92	46,15	37,77
138	MV. ISA LUCKY	RI	85,63	23,98	61,65
139	KM. PUSRI INDONESIA	RI	24,67	10,29	14,37
140	KM. PUTERI KIRANA	RI	84,83	47,06	37,77
141	KM. NADHIF	RI	67,75	45,77	21,98
142	MV. ZALEHA FITRAT	RI	73,83	38,21	35,62
143	KM. GOLDEN OCEAN	RI	75,00	29,05	45,95
144	MV. SEA HONOUR	THAILAND	21,00	7,77	13,23
145	KM. PUSRI INDONESIA	RI	21,87	8,76	13,11

## Lampiran 5 Hasil *Running* Simulasi Kondisi Eksisting

Panjang Kapal (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	127,53
2	129,88
3	135,01
4	127,50
5	135,50
6	130,84
7	125,26
8	129,83
9	126,14
10	130,72
Average	129,82

Muatan (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	13.415,37
2	13.745,60
3	15.335,76
4	13.428,66
5	13.661,24
6	13.679,25
7	12.919,86
8	14.459,07
9	13.232,22
10	14.577,36
Average	13.845,44

BT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	121,69
2	105,95
3	115,49
4	114,15
5	109,06
6	105,98
7	105,31
8	107,52
9	112,66
10	120,92
Average	111,87

Kapal Dem	
Replikasi ke -	Arena
1	149
2	118
3	111
4	142
5	127
6	123
7	124
8	115
9	130
10	126
Average	127

Lama WT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	182,21
2	46,53
3	40,64
4	151,38
5	56,18
6	39,37
7	47,22
8	84,84
9	68,94
10	78,11
Average	79,54

Laytime (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	72,62
2	71,30
3	80,01
4	71,73
5	71,45
6	70,97
7	67,10
8	75,15
9	70,30
10	77,51
Average	72,81

Real Laytime (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	121,14
2	105,40
3	114,89
4	113,60
5	108,51
6	105,48
7	104,75
8	106,94
9	112,09
10	120,38
Average	111,32

Shipcall (kali)	
Replikasi ke -	Arena
1	185
2	162
3	151
4	185
5	165
6	164
7	157
8	156
9	171
10	159
Average	166

Throughput (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	2.481.843
2	2.226.788
3	2.315.699
4	2.484.303
5	2.254.104
6	2.243.397
7	2.028.419
8	2.255.615
9	2.262.710
10	2.317.801
Average	2.287.068

Tot Dem time (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	10.337
2	6.613
3	6.787
4	9.308
5	7.408
6	6.912
7	7.064
8	6.464
9	8.318
10	7.900
Average	7.711

## Lampiran 6 Hasil *Running* Simulasi Skenario Perbaikan

### Skenario 1

Panjang Kapal (m)		Muatan (ton)		BT (jam)		Kapal Dem	
Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena
1	127,53	1	13415,37	1	121,69	1	149
2	129,88	2	13745,6	2	105,95	2	117
3	135,01	3	15335,76	3	115,49	3	109
4	127,50	4	13428,66	4	114,15	4	140
5	135,50	5	13661,24	5	109,06	5	127
6	130,84	6	13679,25	6	105,98	6	122
7	125,26	7	12919,86	7	105,31	7	121
8	129,83	8	14459,07	8	107,52	8	113
9	126,14	9	13232,22	9	112,66	9	130
10	130,72	10	14577,36	10	120,92	10	126
AVERAGE	129,82	AVERAGE	13.845	AVERAGE	111,87	AVERAGE	125,40

Lama WT (jam)		Laytime (jam)		Real Laytime (m)		Shipcall (kali)	
Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena
1	182,21	1	72,62	1	119,17	1	185
2	46,53	2	71,30	2	103,77	2	162
3	40,64	3	80,01	3	113,36	3	151
4	151,38	4	71,73	4	112,00	4	185
5	56,18	5	71,45	5	106,89	5	165
6	39,37	6	70,97	6	103,77	6	164
7	47,22	7	67,10	7	103,16	7	157
8	84,84	8	75,15	8	105,10	8	156
9	68,94	9	70,30	9	110,39	9	171
10	78,11	10	77,51	10	118,62	10	159
AVERAGE	79,54	AVERAGE	72,81	AVERAGE	109,62	AVERAGE	165,50

Throughput (ton)		Tot Dem time (jam)	
Replikasi ke -	Arena	Replikasi ke -	Arena
1	2.481.843	1	10.023
2	2.226.788	2	6.416
3	2.315.699	3	6.613
4	2.484.303	4	9.071
5	2.254.104	5	7.190
6	2.243.397	6	6.683
7	2.028.419	7	6.860
8	2.255.615	8	6.234
9	2.262.710	9	8.087
10	2.317.801	10	7.672
AVERAGE	2.287.068	AVERAGE	7.485

## Skenario 2

Panjang Kapal (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	127,53
2	129,88
3	135,01
4	127,50
5	135,50
6	130,84
7	125,26
8	129,83
9	126,14
10	130,72
AVERAGE	129,82

Muatan (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	13.415
2	13.746
3	15.336
4	13.429
5	13.661
6	13.679
7	12.920
8	14.459
9	13.232
10	14.577
AVERAGE	13.845

BT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	121,69
2	105,95
3	115,49
4	114,15
5	109,06
6	105,98
7	105,31
8	107,52
9	112,66
10	120,92
AVERAGE	111,87

Kapal Dem	
Replikasi ke -	Arena
1	149
2	117
3	109
4	138
5	127
6	119
7	121
8	112
9	130
10	125
AVERAGE	124,70

Lama WT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	182,21
2	46,53
3	40,64
4	151,38
5	56,18
6	39,37
7	47,22
8	84,84
9	68,94
10	78,11
AVERAGE	79,54

Laytime (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	72,62
2	71,30
3	80,01
4	71,73
5	71,45
6	70,97
7	67,10
8	75,15
9	70,30
10	77,51
AVERAGE	72,81

Real Laytime (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	117,19
2	102,13
3	111,83
4	110,40
5	105,27
6	102,06
7	101,57
8	103,25
9	108,69
10	116,85
AVERAGE	107,92

Shipcall (kali)	
Replikasi ke -	Arena
1	185
2	162
3	151
4	185
5	165
6	164
7	157
8	156
9	171
10	159
AVERAGE	165,50

Throughput (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	2.481.843
2	2.226.788
3	2.315.699
4	2.484.303
5	2.254.104
6	2.243.397
7	2.028.419
8	2.255.615
9	2.262.710
10	2.317.801
AVERAGE	2.287.068

Tot Dem time (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	9.709
2	6.218
3	6.440
4	8.836
5	6.972
6	6.457
7	6.659
8	6.008
9	7.857
10	7.445
AVERAGE	7.260

### Skenario 3

Panjang Kapal (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	129,68
2	132,65
3	128,84
4	128,79
5	132,87
6	130,89
7	138,44
8	130,31
9	126,57
10	131,56
AVERAGE	131,06

Muatan (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	13.767,95
2	13.053,90
3	13.800,75
4	13.587,53
5	13.986,25
6	14.969,07
7	13.391,58
8	14.792,59
9	13.360,43
10	14.064,18
AVERAGE	13877,42

BT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	59,05
2	62,97
3	64,93
4	61,16
5	62,25
6	67,69
7	63,88
8	68,42
9	62,03
10	64,77
AVERAGE	63,72

Kapal Dem	
Replikasi ke -	Arena
1	66
2	71
3	62
4	69
5	65
6	67
7	66
8	67
9	76
10	35
AVERAGE	64,40

Lama WT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	10,42
2	15,73
3	11,46
4	15,71
5	15,02
6	13,93
7	11,30
8	15,04
9	18,51
10	17,87
AVERAGE	14,50

Laytime (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	71,90
2	67,63
3	71,23
4	71,22
5	74,80
6	79,03
7	68,99
8	77,66
9	70,12
10	74,99
AVERAGE	72,76

Real Laytime (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	49,42
2	52,45
3	54,92
4	51,68
5	52,51
6	56,74
7	53,07
8	57,15
9	51,71
10	54,68
AVERAGE	53,43

Shipcall (kali)	
Replikasi ke -	Arena
1	182
2	171
3	170
4	194
5	169
6	163
7	169
8	169
9	185
10	83
AVERAGE	165,50

Throughput (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	2.505.767
2	2.232.216
3	2.346.127
4	2.635.981
5	2.363.676
6	2.439.958
7	2.263.177
8	2.499.948
9	2.471.680
10	1.167.327
AVERAGE	2.292.586

Tot Dem time (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	1.456
2	2.038
3	2.404
4	1.944
5	1.545
6	2.042
7	2.149
8	1.934
9	2.002
10	874
AVERAGE	1.839

## Skenario 4

Panjang Kapal (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	131,68
2	138,31
3	135,94
4	125,62
5	129,62
6	128,80
7	128,15
8	128,78
9	133,66
10	131,31
AVERAGE	131,19

Muatan (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	13.345,16
2	13.027,47
3	14.370,41
4	13.165,04
5	14.042,03
6	13.800,83
7	13.838,83
8	13.750,99
9	15.963,22
10	13.664,29
AVERAGE	13.897

BT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	46,97
2	55,23
3	50,25
4	50,95
5	48,97
6	49,28
7	52,42
8	49,98
9	48,78
10	48,53
AVERAGE	50,14

Kapal Dem	
Replikasi ke -	Arena
1	48
2	68
3	44
4	47
5	38
6	51
7	45
8	40
9	34
10	38
AVERAGE	45,30

Lama WT (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	7,29
2	8,86
3	7,29
4	8,78
5	9,33
6	8,68
7	7,94
8	8,23
9	7,52
10	8,09
AVERAGE	8,20

Laytime (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	70,24
2	68,43
3	74,25
4	69,59
5	73,21
6	72,38
7	71,69
8	71,76
9	83,35
10	72,58
AVERAGE	72,75

Real Laytime (m)	
Replikasi ke -	Arena
1	37,63
2	43,82
3	40,43
4	40,72
5	39,22
6	39,33
7	41,38
8	40,11
9	39,07
10	38,71
AVERAGE	40,04

Shipcall (kali)	
Replikasi ke -	Arena
1	164
2	174
3	157
4	190
5	166
6	173
7	161
8	163
9	166
10	141
AVERAGE	165,50

Throughput (ton)	
Replikasi ke -	Arena
1	2.188.606
2	2.266.780
3	2.256.154
4	2.501.357
5	2.330.977
6	2.387.543
7	2.228.051
8	2.241.411
9	2.649.895
10	1.926.664
AVERAGE	2.297.744

Tot Dem time (jam)	
Replikasi ke -	Arena
1	961
2	2.012
3	1.245
4	1.339
5	711
6	1.181
7	1.301
8	1.150
9	609
10	958
AVERAGE	1.147

## Lampiran 7 Input Perubahan Interval Kedatangan Kapal

No	Klasifikasi Ukuran	Jenis Distribusi	Skenario Percepatan			
			10%	30%	50%	70%
1	1	Uniform	UNIF(447, 1.836e+003)	UNIF(348, 1.428e+003)	UNIF(249, 1.02e+003)	UNIF(149, 0.612e+003)
2	2	Exponential	480 + EXPO(296)	480 + EXPO(230)	480 + EXPO(164)	483 + EXPO(99)
3	3	Normal	NORM(572, 460)	NORM(445, 460)	NORM(318, 460)	NORM(190, 460)
4	4	Exponential	3 + EXPO(422)	3 + EXPO(328)	3 + EXPO(234)	3 + EXPO(141)
5	5	Exponential	81 + EXPO(408)	81 + EXPO(317)	81 + EXPO(226)	81 + EXPO(136)
6	6	Exponential	74 + EXPO(428)	74 + EXPO(333)	74 + EXPO(238)	74 + EXPO(143)
7	7	Exponential	144 + EXPO(464)	144 + EXPO(361)	144 + EXPO(257)	144 + EXPO(154)
8	8	Exponential	85 + EXPO(954)	85 + EXPO(742)	85 + EXPO(530)	85 + EXPO(318)
9	9	Uniform	UNIF(441, 1.71e+003)	UNIF(343, 1.33e+003)	UNIF(245, 0.95e+003)	UNIF(147, 0.57e+003)
10	10	Exponential	143 + EXPO(650)	143 + EXPO(505)	143 + EXPO(361)	143 + EXPO(217)
11	11	Uniform	UNIF(31, 1.13e+003)	UNIF(24, 0.88e+003)	UNIF(17, 0.63e+003)	UNIF(10, 0.37e+003)
12	12	Uniform	UNIF(193, 1.78e+003)	UNIF(150, 1.38e+003)	UNIF(107, 0.99e+003)	UNIF(64, 0.59e+003)
13	13	Uniform	UNIF(51, 1.32e+003)	UNIF(40, 1.03e+003)	UNIF(28, 0.73e+003)	UNIF(17, 0.44e+003)
14	14	Beta	465 + 4.17e+003 * BETA(0.112, 0.112)	362 + 3.624e+003 * BETA(0.112, 0.112)	256 + 2.32e+003 * BETA(0.112, 0.112)	155 + 1.39e+003 * BETA(0.112, 0.112)



## Lampiran 8 Hasil Simulasi Perubahan Interval Kedatangan Kapal dan Produktivitas

### Kondisi Eksisting

No	Komponen	Satuan	10% 1000	30% 1000	50% 1000	70% 1000
1	Rata - Rata Berthing Time	Jam	116	123	128	135
2	Rata - Rata Laytime	Jam	73	73	128	82
3	Rata - Rata Real Laytime	Jam	115	122	128	135
4	Rata - Rata Waiting Time	Jam	106	623	1.474	2.559
5	Rata - Rata shipcall	Unit	180	208	202	192
6	Rata - Rata jumlah kapal yang demurrage	Unit	143	170	170	153
7	Rata - Rata demurrage time	Jam	8.993	11.467	11.493	11.404
8	Rata - Rata Throughput	Ton	2.486.267	2.880.476	2.966.315	2.966.246
9	Biaya demurrage	Per tahun	\$ 1.723.271	\$ 2.197.319	\$ 2.202.346	\$ 2.185.315

### Produktivitas 2.000 ton/jam

No	Komponen	Satuan	10 % 2000	30 % 2000	50% 2000	70% 2000
1	Rata - Rata Berthing Time	Jam	52	53	53	54
2	Rata - Rata Laytime	Jam	72	74	77	80
3	Rata - Rata Real Laytime	Jam	52	52	53	53
4	Rata - Rata Waiting Time	Jam	9	10	17	123
5	Rata - Rata shipcall	Unit	189	222	297	446
6	Rata - Rata jumlah kapal yang demurrage	Unit	75	85	111	167
7	Rata - Rata demurrage time	Jam	2.364	2.911	3.632	5.460
8	Rata - Rata Throughput	Ton	2.599.221	3.156.017	4.350.402	6.741.538
9	Biaya demurrage	Per tahun	\$ 452.974	\$ 557.863	\$ 695.935	\$ 1.046.205

**Produktivitas 3.000 ton/jam**

No	Komponen	Satuan	10% 3000	30% 3000	50% 3000	70% 3000
1	Rata - Rata Berthing Time	Jam	47	49	48	51
2	Rata - Rata Laytime	Jam	74	74	79	81
3	Rata - Rata Real Laytime	Jam	47	48	47	50
4	Rata - Rata Waiting Time	Jam	7	8	10	62
5	Rata - Rata shipcall	Unit	180	227	288	442
6	Rata - Rata jumlah kapal yang demurrage	Unit	65	81	97	149
7	Rata - Rata demurrage time	Jam	1.824	2.544	2.822	5.209
8	Rata - Rata Throughput	Ton	2.538.110	3.180.742	4.293.152	6.786.419
9	Biaya <i>demurrage</i>	Per tahun	\$ 349.474	\$ 487.483	\$ 540.788	\$ 998.149